Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2

Francisco Odécio Sales
(Organizador)

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2

Francisco Odécio Sales
(Organizador)

Atena Editora
Ano 2021

Editora Chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Assistentes Editoriais
Natalia Oliveira
Bruno Oliveira
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto Gráfico e Diagramação
Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Imagens da Capa
Shutterstock
Edição de Arte
Luiza Alves Batista
Revisão
Os Autores

2021 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Atena Editora
Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Biológicas e da Saúde
Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Atena Editora
Ano 2021

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes
Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª DrªFernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico
Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Ciências exatas e da terra: conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país 2 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-210-1
https://doi.org/10.22533/at.ed.101212506

1. Ciências Exatas e da Terra. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 551.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico do País está assentado primordialmente na inovação baseada no seu desenvolvimento científico e tecnológico.

É notado, principalmente nos últimos anos, que há grande necessidade de fortalecimento e expansão da capacidade de pesquisa e de inovação, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade.

Neste contexto, o E-book “Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2” foi composto por uma coletânea de trabalhos relacionados às Ciências Exatas e da Terra que contemplam os mais variados temas ligados ao desenvolvimento.

Os 16 capítulos que constituem a presente obra, elaborados por pesquisadores de diversas instituições de pesquisa, permitem aos leitores analisar e discutir assuntos tais como: importância das ondas eletromagnéticas e transmissão na camada da ionosfera, produção de filmes de polímeros a partir de diferentes complexos para aplicação em células solares, estudo de diferentes metodologias na caracterização de material polimérico, utilização de modelagem numérica na investigação da dispersão de plumas poluentes, aplicação de malhas computacionais para a verificação do transporte de doenças de plantas pelo ar, dentre outros assuntos de relevância para as Ciências Exatas e da Terra.

O organizador e a Atena Editora agradecem aos autores e instituições envolvidas nos trabalhos que compõe a presente obra.

Por fim, esperamos que este E-book possa proporcionar reflexões significativas que contribuam para o aprimoramento do conhecimento e desenvolvimento de novas pesquisas.

Boa leitura!

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 ..... **1**

A ATRIBUIÇÃO EMINENTE DA GEOGRAFIA NO CONHECIMENTO CIENTÍFICO A PARTIR DA VISÃO INTEGRADORA E HOLÍSTICA NAS ANÁLISES AMBIENTAIS

Matheus Seiji Bonfim Takiuchi

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125061

CAPÍTULO 2 ..... **7**

A INFLUÊNCIA DA SOJA TRANSGÊNICA À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE

Leandro Moreira Maciel

Lilian Vanussa Madruga de Tunes

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125062

CAPÍTULO 3 ..... **15**

ANÁLISE DA DISCIPLINA QUÍMICA INORGÂNICA NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DAS IES PÚBLICAS NO ESTADO DO AMAZONAS

Pamela Pereira Nunes

Pedro Campelo de Assis Junior

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125063

CAPÍTULO 4 ..... **20**

CARACTERIZAÇÃO GEMOLÓGICA DAS ESMERALDAS DE PINDOBAÇU/BAHIA-BRASIL

Sirlene Barboza Mendonça

Daniela Teixeira Carvalho de Newman

José Albino Newman Fernández

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125064

CAPÍTULO 5 ..... **43**

CATALISADORES DE NÍOBIO E TERRAS RARAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL: UMA REVISÃO

Caio Barbosa e Souza

Anderson Felipe Sant´Anna Moreira

Vanessa Santos Antunes

Rosane Aguiar da Silva San Gil

Elizabeth Roditi Lachter

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125065

CAPÍTULO 6 ..... **57**

COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA – IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Ana Cândida de Paula Ribeiro e Arruda Campos

Liliane Bonadio Terra

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125066

CAPÍTULO 7 ..... **66**

CONSIDERAÇÕES RELATIVAS AS DISCIPLINAS DE CADASTRO NAS ENGENHARIAS DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

Cesar Rogério Cabral
Everton da Silva
Markus Hasenack

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125067

CAPÍTULO 8 ..... **79**

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DISPOSITIVOS MECÂNICOS E ELÉTRICOS QUE EXIBEM COMPORTAMENTO DINÂMICO NÃO LINEAR

Vinícius Guilherme Esmeraldino Galvão

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125068

CAPÍTULO 9 ..... **93**

ESTUDOS PEDOLÓGICOS E GEOLÓGICOS: UMA NOVA ABORDAGEM COM IMAGEADORES HIPERESPECTRAIS

Guilherme Fernando Capristo Silva
Marcos Rafael Nanni
Renato Herrig Furlanetto
Luis Guilherme Teixeira Crusiol
Everson Cezar
Cassiele Uliana Facco
Carlos Antonio da Silva Junior
José Alexandre Melo Demattê
Jessica Saldanha Souza
Taiana Loan de Lima Campos
Glaucio Leboso Alemparte Abrantes dos Santos
Marlon Rodrigues

https://doi.org/10.22533/at.ed.1012125069

CAPÍTULO 10 ..... **101**

ENTREVISTA COMO FERRAMENTA: MAPEAMENTO DO PROCESSO PROJETUAL DE PRODUTOS FEITOS COM RESÍDUOS TÊXTEIS

Dayane Cabral Ziegler
Sydney Fernandes de Freitas
Gisela Costa Pinheiro Monteiro

https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250610

CAPÍTULO 11 ..... **112**

MODELAGEM MATEMÁTICA DO PRÉ-TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR CONSIDERANDO A FRAÇÃO RECALCITRANTE DA CELULOSE

Gustavo Batista
Martha Suzana Rodrigues dos Santos Rocha
Cristiane Sanchez Farinas
Antonio José Gonçalves da Cruz

https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250611

CAPÍTULO 12 ..... **117**

MODIFICAÇÃO DE AMIDO DE BATATA DOCE E MANDIOCA POR TRATAMENTO HIDROTÉRMICO

Carmen Cecília Gomes Borges Padula
Ana Paula Cerino Coutinho

https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250612

CAPÍTULO 13 ..... **128**

NON-OMNIDIRECTIONAL ANTENNA EFFECTS ON INDOOR CELL PLANNING AT 700 MHZ

Maria do Carmo de Luna Malheiros Frazão
Niedson Almeida Lemos
Jefferson Costa e Silva
Alfredo Gomes Neto
Custódio José de Oliveira Peixeiro

https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250613

CAPÍTULO 14 ..... **143**

SAÚDE UNIVERSITÁRIA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA

Iranira Geminiano de Melo
Célio José Borges
Berenice Perpétua Simão
Aroní Matos de Oliveira
Clarides Henrich de Barba

https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250614

CAPÍTULO 15 ..... **152**

UTILIZAÇÃO DE UM ALGORITMO GENÉTICO PARA OTIMIZAR TRANSFERÊNCIAS INTERPLANETÁRIAS

Guilherme Marcos Neves
Denilson Paulo Souza dos Santos

https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250615

CAPÍTULO 16 ..... **161**

VALIDAÇÃO E PROJEÇÃO CLIMÁTICA DO MODELO ETA-HADGEM2-ES PARA O MUNICÍPIO DE CONCÓRDIA, SANTA CATARINA

Gerson Conceição
Claudia Guimarães Camargo Campos
Mario Francisco Leal de Quadro

https://doi.org/10.22533/at.ed.10121250616

SOBRE O ORGANIZADOR **172**

ÍNDICE REMISSIVO **173**

CAPÍTULO 1

A ATRIBUIÇÃO EMINENTE DA GEOGRAFIA NO CONHECIMENTO CIENTÍFICO A PARTIR DA VISÃO INTEGRADORA E HOLÍSTICA NAS ANÁLISES AMBIENTAIS

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 04/06/2021

Matheus Seiji Bonfim Takiuchi
Universidade Estadual Paulista – Campus Experimental de Ourinhos/SP
Ourinhos - São Paulo
http://lattes.cnpq.br/3690528975347060

RESUMO: Nas últimas décadas, a Geografia vem sendo subestimada como uma disciplina conveniente para análises ambientais, questionada da sua veracidade em seus estudos em detrimento de disciplinas práticas e, principalmente, resumidas em técnicas e sem presença da transdisciplinaridade. Isto pode ser considerado uma inflexão do curso desta ciência, em que permitiu o conhecimento sobre a terra em todos os períodos antecedentes. Esta ciência acaba se tornando uma disciplina que transcende barreiras limitantes com relação a analisar o ambiente puramente com viés técnico. Com a criação do conceito de geossistemas, que, primeiramente cunhada por Sotchava em 1963, passa-se a atribuir maior transdisciplinaridade à Geografia, no qual até então embasava-se suas análises considerando basicamente os aspectos físicos da paisagem. Os geossistemas, conforme SOTCHAVA (1977), "[...] refletem parâmetros econômicos e sociais influenciando as mais importantes conexões dentro do geossistema, sobretudo no que se refere às paisagens grandemente modificadas pelo homem" (p. 6). Isto é, o geossistema permite abordar uma situação considerando um universo maior de fatores levantados. Posteriormente, os geossistemas serão utilizados por Bertrand em 1968 na criação do sistema GTP (Geossistema, Território e Paisagem), cujo permite uma visão integradora do objeto de estudo, de modo que considera os aspectos físicos, econômicos, sociais e culturais com a finalidade de preservar as análises da particularidade unilateral. O artigo foi fundamentado na construção histórica do progresso dos conceitos e metodologias que possuem como objetivos abordar prognoses abrangentes acerca do respectivo objeto de estudo, e em especial, o conceito de geossistema avocado pelo geógrafo Viktor Sotchava na escola russa no início da década de 60, e a aprimoração destes dois estudos por Bertrand com o seu sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem).
PALAVRAS-CHAVE: Multidisciplinariedade, paisagem, geossistema, sistema Geossistema-Território-Paisagem.

THE EMINENT ATTRIBUTION OF GEOGRAPHY IN SCIENTIFIC KNOWLEDGE FROM THE INTEGRATING AND HOLISTIC VISION IN ENVIRONMENTAL ANALYSIS

ABSTRACT: In recent decades, Geography has been underestimated as a convenient discipline for environmental analysis, questioned about its veracity in its studies at the expense of practical disciplines and, mainly, summarized in techniques and without the presence of transdisciplinarity. This can be considered an inflection of the course of this science, which allowed knowledge about

the land in all previous periods. This science ends up becoming a discipline that transcends limiting barriers in relation to analyzing the environment purely with a technical bias. With the creation of the concept of geosystems, which was first coined by Sotchava in 1963, Geography began to be given greater transdisciplinarity, on which until then his analyzes had been based, basically considering the physical aspects of the landscape. Geosystems, according to SOTCHAVA (1977), "[...] refletem parâmetros econômicos e sociais influenciando as mais importantes conexões dentro do geossistema, sobretudo no que se refere às paisagens grandemente modificadas pelo homem" (p. 6). That is, the geosystem allows us to approach a situation considering a larger universe of raised factors. Later, the geosystems will be used by Bertrand in 1968 in the creation of the GTP (Geosystem, Territory and Landscape) system, which allows an integrative view of the object of study, so that it considers the physical, economic, social and cultural aspects for the purpose of preserve analyzes of one-sided particularity. The article was based on the historical construction of the progress of concepts and methodologies that aim to address comprehensive prognoses about the respective object of study, and in particular, the concept of geosystem invoked by geographer Viktor Sotchava in the Russian school in the early 60s, and the improvement of these two studies by Bertrand with his GTP system (Geosystem-Territory-Landscape).
KEYWORDS: Multidisciplinarity, landscape, geosystem, system Geosystem-Territory-Landscape.

METODOLOGIA

É um desafio estudar um novo paradigma não integralmente consolidado na Geografia, deste modo e como, comumente, ocorre ao longo do processo dos estudos, os procedimentos e as análises podem alterar-se ao decorrer do desenvolvimento da titulação do objeto de estudo deste artigo. Tendo isto em vista, os procedimentos metodológicos foram postos para que produzem o melhor resultado mais próximo da realidade.

De início, a pesquisa se atentou, impreterivelmente, a revisão bibliográfica das produções já elaboradas para se obter grande conhecimento acerca dos conceitos e teorias consideradas pilares para atingir os objetivos pretendidos. Esta pesquisa se resumirá as obras clássicas da Geografia contemplando o assunto da relação sociedade-natureza e seu rebatimento na paisagem, tais como as contribuições de Sotchava, Bertrand, Cosgrove, Milton Santos, e dentre vários outros que agregarão ao corpo deste trabalho.

REVISÃO DA LITERATURA

A partir da alegação que o objeto de estudo da geografia é o espaço (SANTOS, 2004), e em especial a relação do homem com a natureza, no qual auxilia no entendimento da relação do homem com o homem (SANTOS, 2004), torna-se evidente que elaborar e sistematizar metodologias leais de análise da paisagem é em demasia condizente com a evolução desta ciência. Além de que, Milton Santos (2004), já alegava que para "[...] desmistificar o espaço, é preciso levar em conta dois dados essenciais: de um lado a

paisagem, funcionalização da estrutura tecnoprodutiva e lugar da reificação; de outro lado, a sociedade total, a formação social que anima o espaço." (p. 166), ou seja, esta afirmação somente corrobora a importância da paisagem conjuntamente com o fator social para tornar os resultados e conclusões dos estudos mais próximos da realidade. Isto é contemplado pelo sistema GTP, por levar em conta a "trilogia fonte-recurso-aprovisionamento" (BERTRAND, 2007), e que, deste modo, expõe três vias metodológicas: 1) o Geossistema, no qual corresponde ao "conceito naturalista", permite analisar a estrutura e o funcionamento biofísico de um espaço geográfico [...], com o seu grau de antropização" 2) o Território, "[...] que permite aqui analisar as repercussões da organização e dos funcionamentos sociais e econômicos sobre o espaço considerado" 3) e a Paisagem, "[...] que representa o conjunto sociocultural [...]" (BERTRAND, 2007, p. 294). Devido a esta estruturação, esta pesquisa tem o intento de considerar e validar o sistema GTP como metodologia de análise fiel que tanto é e foi buscado pelos geógrafos desde o começo desta ciência no século XIX.

> [...] em outras palavras, apenas algumas categorias são analisadas segundo um paradigma novo, enquanto outras continuam a ser estudadas sob o influxo de uma construção teórica já ultrapassada. O resultado, neste caso, é a impossibilidade de uma análise coerente. A geografia se encontra nesta situação. (SANTOS, 2004, p. 18).

Todavia, o sistema GTP ainda não é considerado um procedimento metodológico consolidado e sem imperfeições, apresentando-se, deste modo, em um processo de construção epistemológica. Mas ao mesmo tempo que se exibi como uma metodologia atualizada e que vêm produzindo análises correspondentes para obter-se um nível satisfatório de planejamento e intervenções no ambiente.

Antes de adentrar em uma pormenorização do sistema de Bertrand, é sensato discorrer sobre o conceito de paisagem, objeto capital de estudo do GTP, como também demonstrar que para chegar à tal sistema, existi um longo histórico processo de construção epistemológica e metodológica da análise da paisagem, sendo considerado como ponto de partida a condução do conceito de geossistema da comunidade científica russa por Viktor Sotchava para o conhecimento geográfico.

Conforme o próprio Bertrand (2004, p.2), a paisagem é,

> […] uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobres os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Isto é, a paisagem não é uma porção do espaço que apresenta somente uma quantidade de elementos isolados no ambiente, sendo frisado aí a dinâmica entre estes elementos, tornando esta particularidade essencial do sistema.

A atração pela paisagem tem início até anterior a sistematização da Geografia, apresentando como ponto de partida, principalmente, no renascimento a partir do século

XV (SCHIER, 2003), pois é o "[…] momento em que o homem, ao mesmo tempo em que começa a distanciar-se da natureza, adquire técnica suficiente para vê-la como algo passível de ser apropriado e transformado." (MENDONÇA e VENTURI apud SCHIER, 2003, p. 81). Entretanto, será somente aproximadamente dois séculos depois, no século XVII, que a paisagem vai se desprender dos preceitos religiosos a partir do enfraquecimento da igreja, e agregará maior valor científico.

No que se refere a trajetória da paisagem na Geografia, esta começou a ser utilizada nas análises e concepções pelo próprio sistematizador da Geografia, como ramo da ciência, Alexander von Humboldt em sua obra "Cosmos". Não é possível não destacar também as contribuições de Carl Ritter e Friedrich Ratzel no início desta concretização, com suas obras "Geografia Comparada" e "Antropogeografia" respectivamente, do conceito de paisagem como método de transcrição do ambiente. Ainda é possível apontar os pressupostos de Vidal de La Blache, contemporâneo de Ratzel, e em especial nas relações homem-natureza (SCHIER, 2003).

Já no início do século XX, houve a forte influência da escola alemã na geografia e, consequentemente, na construção conceitual da análise da paisagem. A maior contribuição se deve ao alemão Alfred Hettner, no qual organizou o conhecimento geográfico a partir de três abordagens: a Geografia geral, nomotética e idiográfica, baseados nas teorias kantianas. Ainda no mesmo século, a partir da década de 1960, a paisagem passou a ser substituída pelo conceito de região, disseminada, principalmente, por Richard Hatshorne. Esta contemplação da região no lugar da paisagem ocorreu ao mesmo tempo que na Alemanha houve o crescimento do aspecto ecológico nos estudos geográficos, muito devido à Carl Troll. No entanto, nos Estados Unidos é possível observar um perfil distinto dos geógrafos europeus a partir do crescimento da Nova Geografia, na qual ponderou-se mais dados estatísticos e funcionalismo das paisagens (SCHIER, 2003).

Posterior a década de 70, se observou a crescente disseminação da Geografia crítica, no qual também alterou a perspectiva acerca das análises paisagísticas, em que por considerar que o espaço seria produto do modo de produção e seus conflitos de classes, a região é em demasia mitigada nos estudos, representado, assim, uma abordagem nomotética, cuja a regra geral é formalizada pelo modo de produção vigente (SCHIER, 2003).

De mais recente, se encontra a ascensão de uma Geografia cultural, tendo como um dos seus principais precursores Denis Cosgrove, no qual defende que a paisagem está intrinsecamente relacionada com a cultura, sendo aquela, frequentemente, produto desta. Isto significa que a paisagem pertence a um sistema de símbolos e significados produzidos pela sociedade (SCHIER, 2003).

Em suma, a paisagem deve ser considerada através de diversos vieses e variáveis, levando em conta a sua composição natural, social, cultural e não negando a influência exercida por uma força maior que é o modo de produção capitalista, que é grandemente

responsável pela fisionomia da paisagem, resguardando formas de acordo com interesses dos que estão no topo da pirâmide da sociedade.

Tendo estas considerações sobre a paisagem, é evidente que as análises que possuem o intento de investigá-la, deverá ser completa, abrangendo diversas variáveis produtoras da estética e simbologia do visível. Deste modo, é coerente dar continuidade na metodologia criada por Bertrand, considerada arrojada e que não deva ser perdida no progresso da ciência geográfica, que tem sua essência e diferencial das outras ciências, em contemplar suas análises integrativas, eliminando estudos fragmentados. A partir disto, estudar o sistema GTP e, simultaneamente, aplicá-lo é necessário para tornar uma metodologia universal e válida para análise do objeto capital de estudo da geografia, o espaço. Nas palavras bem-postas do seu autor, o sistema "[…] é uma tentativa, de ordem geográfica, para matizar, ao mesmo tempo, a globalidade, a diversidade, e a interatividade de todo sistema ambiental." (BERTRAND, 2007, p. 272). Não é atoa que Bertrand alega que o GTP opera a partir de dois postulados: 1) "[…] recusamos qualquer definição unívoca da paisagem […] (BERTRAND, 2007, p. 292); 2) Se a paisagem fosse isolada do seu meio ambiente social e biofísico, ela não seria mais do que uma aparência […]" (BERTRAND, 2007, p. 293).

O sistema GTP opera conforme três coordenadas, que correspondem três vieses e abordagens espaço-temporal da paisagem: o território-fonte, o território-recurso e o território-aprovisionamento e são baseadas no nível de antropização do meio. Conforme Bertrand (2007), estas coordenadas permitem três vias metodológicas: 1) o Geossistema, que abrange o funcionamento biofísico; 2) o Território que permiti analisar as repercussões das organizações e funcionamentos da sociedade; 3) e a Paisagem, que é a variável que considera o sociocultural. Estas três questões devem ser tratadas como complementares, isto é, cada variável interage com outra, não podendo ser entendida isoladamente.

A partir desta breve introdução ao paradigma GTP, é notável a importância de considerá-lo como metodologia de análise para uma questão ambiental. Desta forma, a tese desta pesquisa é creditar coerência no uso do GTP na transformação da paisagem do município de Três Lagoas com a eminente e célere industrialização que foi aflorada relativamente recente, muito devido as concessões e subsídios pelo governo. Almeida e Assis (2007) aponta que um dos maiores rebatimentos da mudança do cenário pecuarista no início da formação do município para o aporte industrial e as introduções de eucalipto foi a modificação da paisagem: "As principais mudanças ocorridas nos últimos 30 anos, além da substituição da Cobertura florestal original, incluem alterações na paisagem [...]" (p. 3)

CONSIDERAÕES FINAIS

Será de grande contentamento obter resultados e conclusões a partir do sistema GTP proposto inicialmente por Bertrand, e considerado como um novo paradigma que

possui o intuito de contemplar a totalidade, ou seja, nada mais é que a essência da ciência geográfica. Isto significa que este trabalho também possui o intento de demonstrar o papel da geografia para a ciência, pois vêm se evidenciando em todas as ciências que é a visão holística o caminho a ser trilhado para evitar conclusões equivocadas.

O acervo disponível a ser utilizado a partir da visão holística das contribuições do geossistema e do sistema GTP, não poderia de deixar ser um cabedal vasto, tendo em vista que cada ramificação usufruída nas análises das paisagens abri um "leque" de procedimentos metodológicos. A comparação e análises de imagens, a produção de mapas, tabelas, croquis, e quaisquer outras incubações metodológicas necessárias ao decorrer da pesquisa atribuirão melhor e mais completa visibilidade as análises. Não olvidando que, todos estes procedimentos, serão baseados nas orientações e pressupostos do sistema GTP. Todavia, como em toda tese, conta-se o risco que percorre de se deparar com resultados inesperados e o surgimento da necessidade de novos procedimentos metodológicos de acordo com o progresso da ciência, já que a busca íntegra por uma leitura do objeto de estudo nas Ciências das Terras continua uma busca recente e inacabada.

REFERÊNCIAS

ALCALDE, Elisângela de Aguiar; BORIN, Fabio; HORTOLAN, Romualdo; SOUZA; Maria Luzia Lomba de; OLIVEIRA, Patrícia de; FAGUNDES, Tatiane Barbosa. A industrialização e o desenvolvimento local sustentável no município de Três Lagoas/MS. **Revista Conexão**, Três Lagoas/MS. 2013. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwi9-erowfTfAhUdGbkGHQ7PD4AQFjAAegQIBxAC&url=http%3A%2F%2Frevistaconexao.aems.edu.br%2Fwp-content%2Fplugins%2Fdownload-attachments%2Fincludes%2Fdownload.php%3Fid%3D1301&usg=AOvVaw1dpJYjOsBdOCjBa8Pxf3_B. Acesso em 17 de janeiro de 2019.

ALMEIDA, Danilo Pinho de; ASSIS, Geissianny Bessão de. Uso da terra no município de Três Lagoas/MS nos anos de 1976 e 2006. Ilha Solteira, **Publicações do I Encontro das Ciências da Vida (ENCIVI)**, FEIS Unesp. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/Eventos/encivi/iencivi-2007/18-danilo-p.a.pdf. Acesso em 16 de janeiro de 2019.

BERTRAND, Claude; BERTRAND, Georges. O sistema GTP (Geossistema, Território e Paisagem). O retorno do geográfico?. In: _____. **Uma Geografia transversal e de travessias**: o meio ambiente através de territórios e das temporalidades. Maringá, Ed. Massoni, 2007. 332 f.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **R. RA´E GA**, Curitiba, Editora UFPR, n. 8, 2004. P. 141-152.

SANTOS, Milton. **Por uma nova Geografia**: da crítica da Geografia à uma Geografia Crítica. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 6ª ed., 2004. 285 f.

SOTCHAVA, Viktor Borisovich. **Métodos em questão.** IG-USP. S, São Paulo, 1977. 51 p.

CAPÍTULO 2

A INFLUÊNCIA DA SOJA TRANSGÊNICA À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE

Data de aceite: 21/06/2021

Leandro Moreira Maciel
Mestre em Ensino. Instituição Instituto Sul Rio Grandense (Ifsul Cavg) e Doutor em Educação pela Emill Brunner Word University

Lilian Vanussa Madruga de Tunes
Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes(Ufpel) e Doutorado em Agronomia

RESUMO: Atualmente a produção de soja transgênica no Brasil é um dos maiores destaque no mundo, e possui uma forte influência na economia do país, gerando renda em diversas camadas sociais. Devido sua grande importância, o objetivo deste trabalho foi analisar na literatura científica, as influências positivas e negativas da soja transgênica à saúde e meio ambiente. A revisão bibliográfica foi realizada através de artigos, monografias e revistas buscados na base de dados Scielo e Embrapa, utilizando os seguintes descritores: soja transgênica, saúde, meio ambiente e biotecnologia. Ao final desse estudo, foi possível concluir que a soja transgênica possui pontos positivos e negativos, no entanto de fato, não é comprovado cientificamente que ela apresenta riscos à saúde e ao meio ambiente, com isso é preciso que futuramente seja realizado estudos científicos mais aprofundados para que possa trazer respostas concretas diante as diversas teorias.
PALAVRAS-CHAVE: Soja Transgênica. Influências. Saúde e Meio Ambiente.

ABSTRACT: Currently the production of transgenic soybeans in Brazil is one of the biggest highlights in the world, and has a strong influence on the country's economy, generating income for different social strata. The objective of this work was to analyze in the scientific literature, the positive and negative influences of transgenic soybeans on health and the environment. The bibliographic review was carried out through articles and magazines searched in the Scielo and Embrapa database, using the following descriptors: transgenic soybeans, health and the environment, biotechnology. At the end of this study, it was possible to conclude that transgenic soy has positive and negative points, however in fact, it is not scientifically proven that it presents risks to health and the environment, therefore, it is necessary to carry out more in-depth scientific studies in the future so that it can bring concrete answers to the different theories.
KEYWORDS: Transgenic Soy. Influences. Health. Environmen.

1 I INTRODUÇÃO

O termo transgenia tem por definição a transformação genética, onde a planta passa por modificações em sua estrutura, na qual a mudança de gene tem como função buscar fortalecer as plantas contra ações de pragas e torná-las mais resistentes a herbicidas (FUSCALDI, 2011). Diante as diversas pragas que atingem a lavoura, é preciso buscar combater esses invasores através de medidas agrícolas tecnológicas que assegurem um

desenvolvimento sustentável e, sobretudo, o controle dos recursos naturais.

Atualmente os alimentos transgênicos se destacam cada vez mais no cenário brasileiro, principalmente a soja, milho, algodão, canola, tomate, batata, seguidos do trigo, feijão e ervilha. Esses produtos influenciam fortemente na saúde, no cenário econômico, político, cultural e meio ambiente como um todo, no entanto, a soja é a que mais se destaca, sendo o principal produto de especulação e questionamento, devido estar em alta nos processos produtivos e no mercado consumidor.

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é analisar com base na literatura científica os pontos positivos e negativos da produção de soja transgênica no Brasil em relação à saúde e ao meio ambiente. Inicialmente será abordado sobre os aspectos da produção agrícola brasileira, posteriormente será discutido sobre os pontos positivos e negativos da soja transgênica, visto que, é através dessa melhoria genética da soja que está fazendo com que o a produção de soja no Brasil tenha se tornado um destaque mundial, ficando atrás somente dos Estados Unidos. A linha de pesquisa desse artigo foi realizada através de pesquisa bibliográfica de abordagem qualitativa. De acordo com Fachin (2003, p.125), tem como finalidade "conduzir o leitor a determinado assunto e proporcionar a produção, armazenamento, reprodução e utilização". Ou seja, é um conjunto de conhecimentos que se encontram agregados às obras, no qual organiza, seleciona e regista os apontamentos que se relacionam com o tema da pesquisa, de maneira a compor uma importante memória para o registro e relação do trabalho.

Esse trabalho se justifica, pelo fato de que as produções de soja veem fazendo o Brasil crescer e contribuir significativamente para o Produto Interno Bruto, entretanto, haja vista que ainda há muito desconhecimento das influências que a soja transgênica pode provocar à saúde e meio ambiente, devido que são poucas as pesquisas sobre esse assunto e a mídia através de suas propagandas incentivam e defendem a alimentação saudável. Onde o problema desta pesquisa consiste em identificar os principais pontos positivos e negativos, a fim de fomentar uma consciência em defesa da saúde e do meio ambiente.

2 I OS ASPECTOS DAS PRODUÇÕES AGRÍCOLAS NO BRASIL

O início das primeiras lavouras transgênicas começaram por volta de 1995 quando os agricultores brasileiros passaram a observar o cultivo da soja na região fronteira com a Argentina, mas foi em 1997 que a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) autorizou os primeiros testes em terras brasileiras, e devido obter resultados significamente positivos, logo em janeiro do ano de 1998 foi emitido o parecer técnico oficial para as plantações das primeiras safras (ARANTES, 2012). Sendo as principais espécies cultivadas, a soja, o milho, o algodão e a canola, com destaque para a soja que é a dominante em todo o país.

Arantes (2012) posiciona-se acerca do desenvolvimento rural sustentável, combate à fome e à miséria. E devido esses alimentos poderem serem produzidos em larga escala e em um menor espaço de terra, acredita-se que os transgênicos poderão ajudar a combater a fome no mundo, visto que a prospecção é para que cada ano a população mundial cresça, e consequentemente a demanda também.

Alguns fatores que impulsionou o Brasil e outros países subdesenvolvidos a aderirem esse tipo de plantio, é devido às mudanças climáticas, sustentabilidade ambiental e agro-combustíveis, que ainda são grandes desafios desses países. À vista disso, todos estão buscando cada vez mais por técnicas de agriculturas sustentáveis para assim poderem produzir mais e atender a demanda que se multiplica. As plantas transgênicas são vistas como uma das alternativas para sanar esse problema, pois elas são desenvolvidas para resistir a doenças, insetos, alterações climáticas e se adaptam facilmente em novos ambientes (ARANTES, 2012).

De acordo com estudos de Hirakuri e Lazzarotto (2010) pelo fato do Brasil ser um dos maiores produtores mundiais, acredita-se que nos próximos anos ele ainda ultrapassará os Estados Unidos. Os avanços da soja no agronegócio surgem dos planos estratégicos de importações e exportações, indústria de alimento de grãos, farelos e óleos, alimentação animal, alimentação humana, expansão tecnológica e liderança de mercado. Desse modo, de acordo com o aumento da oferta e demanda pela soja, os produtores têm a adotar técnicas mais avançadas de produção e aumento de suas áreas de produção, direcionando seus esforços para os transgênicos, para que dessa maneira possa atender as demandas internas e externas.

Atualmente os principais estados produtores de soja no Brasil são os estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul. Se destacando principalmente o estado do Mato Grosso, por representar 29% de toda a produção brasileira e buscar ainda mais uma expansão produtiva, através dos avanços tecnológicos e altos investimentos. Mato Grosso tem um maior destaque, pois a maior parte de sua produção está voltada para a exportação, por isso é de suma importancia sua constante busca por inovação e melhorias que sejam capazes de superar a concorrência e as dificuldades internas do próprio país, como por exemplo, o armazenamento, transporte e valorização do produto (LAVORENTE, 2011).

Hoje tanto a soja transgênica como a convencional ambas possuem muitas finalidades, elas podem ser utilizadas na alimentação humana através de produtos como: óleo, farinha, leite, carne e lecitina; na alimentação animal, sendo produzido ração, e pode ser utilizada como combustível e fonte de energia (LAVORENTE, 2011). Diante dessa grande demanda, tanto para a alimentação humana como animal, para Gomes (2017) essa agricultura é vista de maneira positiva, pois por ser capaz de ser mais produtiva em uma área menor, seus custos de produção acabaram se tornando mais baixos. Porém, mediante os avanços produtivos da soja transgênica, é necessário considerar que não são todos os agricultores que têm condições de produzir nesses moldes, e não conseguiram manter

sua produção tendendo assim a abandonar o campo e migrar para os centros urbanos, ocasionando impactos sociais.

Diante dessa expectativa, em expandir cada vez mais a produção de soja transgênica no país, bem como o aprimoramento de terras para o cultivo, é preciso avaliar as influências que o melhoramento genético reflete à saúde e no meio ambiente, para que assim o crescimento socioeconômico e agrícola seja eficaz para todo o ecossistema.

3 I ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA SOJA TRANSGÊNICA NO BRASIL À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE

De acordo com as teorias dos transgênicos, uma das suas principais características é a resistência a insetos e tolerância a herbicidas, e se tratando de lavoura transgênica, a soja é a cultura que predomina sobre os demais transgênicos. Contudo, a defesa de segurança alimentar e nutricional e da saúde ressalta, haja vista a preocupação e o esforço em garantir que a saúde deve estar voltada para o tipo de alimento que se consome e para a agrobiodiversidade, com o propósito de combater a inconsciência biológica e genética na agricultura, assim como, ajudar a combater a contaminação da água, erosão do solo, desertificação e desmatamento das florestas.

Assim como, a produção de soja transgênica é incentivada no país e ganha espaços internacionais, a Organização Mundial de Saúde (OMS) tem uma grande preocupação em garantir que os alimentos produzidos sejam mais ricos em nutrientes e possam combater doenças e a subnutrição, outrossim, controlar as alterações climáticas advindas dos desmatamento e queimada, o que esta acaba gerando superaquecimento e proliferação de insetos e doenças como malária, dengue e entre outras (ARANTES, 2012).

Pelo fato da atividade transgênica no Brasil ser considerada recente, há ainda vários questionamentos sobre seus riscos e benefícios. Com isso, tanto os aspectos saúde e o meio ambiente precisam ser estudados e analisados para que o consumidor possa ter todas as devidas informações sobre o produto que ele irá adquirir, e assim também seja possível combater os abusos ambientais (GOMES, 2017).

Devido a isso, se pode perceber que há uma linha tênue entre as influências positivas e negativas sobre os produtos transgênicos, tudo depende de como ele é produzido, quais as normas que são seguidas de acordo com as normas da segurança alimentar, pois com as novas técnicas da biotecnologia é possível fazer a implantação de maiores concentrações de nutrientes nos alimentos, fazendo que eles fiquem mais ricos e completos. Entretanto, se não houver um controle e conscientização, pode haver riscos tanto para o produtor como principalmente ao consumidor (GOMES, 2017).

Um dos principais pontos positivos em relação a saúde e meio ambiente acerca do produto transgênico, seria a possibilidade de produzir uma maior quantidade em um mesmo espaço de terra de melhoramento convencional, evitando que haja um aumento do

desmatamento de outras áreas, além da grande redução de uso de agrotóxico nas plantas, e consequentemente redução dos agrotóxico no solo e rios. Contudo, ressalta que poderão surgir problemas ambientais com degradação das áreas florestais, devendo ficar atento à preservação dessas áreas diante da expansão do cultivo de soja transgênica (GOMES, 2017).

Para que os produtos transgênicos possam continuar crescendo, eles devem ser produzidos de modo sem causar impactos nas demais cadeias do ecossistema. Logo, para se garantir a resistência de doenças e pragas e do próprio inseticida é necessário que os agricultores sempre façam rotação de cultura, que permite equilibrar os nutrientes no solo (GOMES, 2017).

Toda agricultura de ação transgênica deve ser realizada de acordo com as medidas de prevenção de biossegurança, assim como, respeitar as áreas limites de preservação, preservar os mananciais, as encostas e todos os outros recursos da natureza. Outrossim, ajudar a garantir a pesquisa e testes da produção acerca de suas propriedades nutricionais é de suma importância para o desenvolvimento.

Segundo o embasamento teórico e Pedrancini (2008), ela critica os produtos transgênicos, no qual diz que esses produtos contém genes resistentes a antibióticos e que consequentemente acabam com as bactérias, além de afirmar que apresentam baixos valores nutricionais, oferecendo assim risco nutricional, outrossim, sendo prejudicial a saúde humana podendo causar alergias, toxidez e várias outras doenças, sem contar com o grande risco que gerará ao desequilíbrio do meio ambiente.

Entretanto, ao mesmo tempo se contradiz em seu próprio estudo, pois diante de fatos científicos, ela afirma que ainda não há nenhum estudo comprovado que os alimentos transgênicos possam causar qualquer intoxicação alimentar, alergias ou outro distúrbio, portanto, não se pode atribuir aos transgênicos qualquer risco à saúde, além de também não haver comprovação científica, entre diferenças nutricionais da soja transgênica com a soja convencional (PEDRANCINI, 2008).

Como ponto negativo, Gomes (2017) também acredita que no que tange ao meio ambiente, os alimentos transgênicos ameaçam a biodiversidade, pois ao colocar o gene de uma espécie em outra, poderá causar eliminação em espécies silvestres, além de expor outras espécies e criar novos tipos de plantas daninhas e contaminar o solo. Ainda sobre os inseticidas, esses poderiam extinguir insetos importantes à cadeia alimentar.

Destaca-se que assim como o fluxo gênico entre diferentes espécies é complexo e não se desestrutura facilmente, pois há uma cadeia reprodutiva que lhe impõe uma barreira de controle e isolamento, o meio científico também defende que as alterações na agrobiodiversidades ainda são incertas, pois não há estudos que comprovem tais destruições.

Outra influência negativa que se destaca é a grande desigualdade social que surge com os povos indígenas, quilombolas, agricultores familiares e as populações tradicionais,

pois esse grupo possui um maior custo na produção em seu plantio (GOMES, 2017). À vista disso, observa-se que há uma competição desleal com os grandes agricultores, e que devido a falta de recursos financeiros isso poderá ocasionar a evasão do campo para a cidade.

Segundo Costa et. al (2011) os pontos positivos da soja transgênica brasileira são muito bem detalhada em seus processos produtivos, o que leva como a sua promoção à modificação genética visando aumentar sua validade, reduzir os custos, resistir a insetos, pragas e herbicidas, equilibrar nutrientes e garantir uma alimentação saudável.

Para Costa et. al (2011) os pontos negativos não podem ser controlados, pois a qualquer momento há risco de surgimentos de por exemplo, alergias, intolerância alimentar, toxicidade, assim como fenômenos também ligados ao clima, no que tange às pragas, insetos e esses podendo altera todo o ecossistema e a biodiversidade. Apesar de todas essas circunstâncias serem inesperadas, essas influências devem ser analisadas por meio dos riscos alimentares, ecológico e agrotecnológico, a fim de que se seja possível prevenir o quanto antes.

Uma influência negativa a respeito dos transgênicos observada por Fuscaldi (2009) seria a contaminação de sementes de lavoura não transgênicas, pois essa contaminação pode ocorrer por vias biológicas-polinização, meio físico através da mistura de sementes em máquinas, caminhões de transporte, troca de semente entre os agricultores e por meio do mercado.

Entretanto, no caso da soja a possibilidade do fluxo gênico acontecer entre outras plantas é praticamente nula, visto que a soja é uma planta autógama e sua probabilidade de fecundação cruzada é menos de 1%. Além, de ser considerada uma espécie exótica, não havendo outras espécies nativas geneticamente compatíveis (FUSCALDI, 2010).

Diante disso, percebe-se que há um antagonismo em relação ao organismo geneticamente modificado, devido às incertezas que ainda persistem, o que acaba gerando controvérsias entres cientistas e correntes mercadológicas (FUSCALDI, 2010). Nesse caso, a incerteza advém da incapacidade da ciência em conseguir comprovar, de maneira irrefutável, os argumentos contra ou a favor dos transgênicos e devido a mídia exercer influência acerca de posicionamento frente aos transgênicos, gerando assim vários conflitos de interesse, e infelizmente desviando o real foco do que a transgênese trabalha e tende a proporcionar.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do que o estudo apresentou, evidencia-se que a soja transgênica é um dos principais produtos cultivados no Brasil, sendo destaque em rede nacional e internacional, alavancando a economia e abrindo diversas oportunidades no mercado, exercendo grande influência socioeconômica e cultural. Entretanto, na área da biotecnologia tem provocado

muitos debates e questionamentos, em relações seus efeitos à saúde e meio ambiente, apresentando vastas opiniões que se contradizem, e em consequência fazendo com que a política, economia e mídia interfiram em seus processos de plantio, produção, industrialização e comercialização.

De acordo com o presente estudo, ainda não é possível distinguir a diferença entre a soja convencional com a soja geneticamente modificada, no que diz respeito ao seu aspecto nutritivo. O que se destaca na soja transgênica da soja convencional, é sua capacidade de tolerância a herbicidas, resistência a pragas e insetos. Desse modo, é possível observar que os transgênicos têm reduzido consideravelmente o emprego de inseticidas, consequentemente sendo uma influência positiva à saúde e ao meio ambiente.

Com isso, é nítido que a Engenharia Genética e a Organização Mundial de Saúde defendem juntas que os genes que são transformados em soja transgênica possuem total cuidado e rigor para que assim, não se veja oferecer riscos aos produtores e consumidor final. Dessa forma, as opiniões que dizem que a soja transgênica é prejudicial a saúde e ao meio ambiente são descartadas nesse estudo, por conta da falta de comprovações científicas e alguns posicionamentos de autores se contradizem, pois ao longo dos anos que em a soja está sendo cultivada no Brasil não houve nenhum relato cientificamente comprovado e confirmado que há algum malefício deste produto para os seres humanos ou para os animais, nem mesmo comprovações que tenha causado algum impacto ambiental.

Portanto, o estudo conclui que com base nos autores apresentados as influências da soja transgênica à saúde e meio ambiente, ainda está bem distante de haver um senso de opinião comum, pois há diversas controvérsias e ideias distorcidas, se fazendo necessário ser realizado um aprofundamento de pesquisas na área, abrindo espaço para futuros cientistas e acadêmicos a estudarem o assunto e buscarem uma resposta concreta.

REFERÊNCIAS

ARANTES, Olivia Marcia Nagy. **A bioética e a segurança alimenta**r: alimentos geneticamente modificados. Londrina, 2012. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/rbps/article/view/4598. Acesso em 09 de Maio de 2021.

COSTA, Thadeu Estevam M. et.al. **Avaliação de Risco dos Organismos Geneticamente Modificados**. Rev Ciênc Saúde Coletiva. Vol. 16.nº.1 Rio de Janeiro. Jan.2011;Disponívelem:https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141381232011000100035#:~:text=A%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20risco%20de%20alimentos%20geneticamente%20modificados,denominado%20de%20equival%C3%AAncia%20substancial15. Acesso em: 09 de Maio de 2021.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de Metodologia**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

FUSCALDI, Kelliane da C.; MEDEIROS, Josemar Xavier.; PANJOTA, Maria Julia. **Soja Convencional e Transgênica**: percepção dos autores do SAG da soja sobre esta coexistência. *Rev. Econ. Sociol. Rural* [online]. 2011, vol.49, n.4, pp.991-1020. ISSN 0103-2003. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/resr/v49n4/a08v49n4.pdf. Acesso em: 08 de Maio de 2021.

GOMES, Luíz Felipe Louzada. **Análise de alguns aspectos relacionados às vantagens e desvantagens do cultivo de soja transgênica**. Monografia em Técnico em Agronegócio. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Barretos. 2017. Disponível em: https://brt.ifsp.edu.br/biblioteca/biblioteca-repositorio/monografias/category/66agronegocio?download=1424:ifman170003analise-de-alguns-aspectos-relacionados-as-vantagens-e-desvantagens-do-cultivo-de-soja-transgenica. Acesso em : 09 de Maio de 2021.

HIRARUKI, Marcelo Hiroshi; LAZAROTTO, Joelsio José. **Evolução e perspectiva de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro.** 2.ed. Embrapa Soja. Londrina-PR. Doc. 319. Issn. 2176-2937dez. 2010 Disponívelem:https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/887037/1/Doc3192ED1.pdf. Acesso em : 08 de Maio de 2021.

LAVORENTE , Gabriela Basseti. **Caracterização das Vias de Exportação de Soja do Estado do Mato Grosso**. Piracicaba (SP): Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"daUniversidadedeSãoPaulo;2011.Disponívelem:https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2015/05/Caracterizacao-das-vias-de-exportacao-de-soja-do-estado-do-Mato-Grosso-LAVORENTE-G.-B..pdf. Acesso em: 08 de Maio de 2021.

PEDRANCINI, Vanessa Daine. et.al. **Saber Científico e Conhecimento Espontâneo**: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. Rev Ciênc Educ 2008; 14(1): 135-146. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132008000100009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 09 de maio de 2021.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DA DISCIPLINA QUÍMICA INORGÂNICA NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA DAS IES PÚBLICAS NO ESTADO DO AMAZONAS

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão 04/06/2021

Pamela Pereira Nunes
Universidade Federal do Amazonas – UFAM/ PPGQ
Manaus-AM
http://lattes.cnpq.br/3222507684693142

Pedro Campelo de Assis Junior
Universidade Federal do Amazonas – UFAM/ PPGQ
Manaus- AM
http://lattes.cnpq.br/5114276083368703

RESUMO: O presente artigo objetivou identificar se as instituições de ensino superior (IES) públicas do estado do Amazonas oferecem a disciplina química inorgânica nos seus cursos de Licenciatura em Química e quais conteúdos eram mais trabalhados nas suas matrizes, a ocorrência de similaridades e diferenças nas ementas da disciplina dos Projetos Políticos Pedagógicos das distintas universidades. O trabalho trata-se de uma análise documental sobre a disciplina nestas instituições, além disso, os resultados foram selecionados mediante também a reformulação da matriz curricular. Essa análise foi realizada por meio de comparativos dos tópicos trabalhados e de suas respectivas cargas horárias. Por sua vez, estes resultados evidenciaram que as cargas horárias da disciplina variaram de 60h a 90h, entretanto os conteúdos não se mostraram muito diferentes. No entanto, embora exista a percepção dessas diferenças, no geral, as ementas apresentam uma coerência quanto aos conteúdos abordados da Química Inorgânica.

PALAVRAS-CHAVE: Química Inorgânica, Licenciatura em Química, Matriz Curricular.

ANALYSIS OF THE INORGANIC CHEMISTRY SUBJECT IN THE CHEMISTRY DEGREE COURSE OF PUBLIC HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN THE STATE OF AMAZONAS

ABSTRACT: This article aimed to identify whether public higher education institutions in the state of Amazonas offer the inorganic chemistry discipline in their Chemistry Degree courses and which contents were more worked on in their matrices, the occurrence of similarities and differences in the menus of the discipline of the Pedagogical Political Projects of the different universities. The work is a documental analysis about the discipline in these institutions, in addition, the results were selected through the reformulation of the curricular matrix as well. This analysis was performed by comparing the topics covered and their respective workloads. In turn, these results showed that the course loads of the discipline ranged from 60h to 90h, however the contents were not very different. However, although there is a perception of these differences, in general, the menus present a coherence regarding the contents covered in Inorganic Chemistry.

KEYWORDS: Inorganic Chemistry, Degree in Chemistry, Curriculum Matrix.

1 | INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma análise documental das matrizes curriculares da disciplina Química Inorgânica do curso de Licenciatura em Química das Instituições de Ensino Superior (IES) públicas do estado do Amazonas: Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM).

Abarcando uma análise do cenário histórico nas décadas de 30 a 80 e as principais reformas no currículo de ensino, pode-se observar como ocorreu o surgimento do Curso de Licenciatura em Química, em nível nacional. Estas licenciaturas começaram a ser ofertadas a partir de 1965. (MESQUITA e SOARES, 2011).

Do mesmo modo, em 1963, foi instalado na Faculdade de Filosofia do Amazonas o curso de Química, sendo, em seguida, incorporada pela Universidade do Amazonas (UA), posteriormente denominada Universidade Federal do Amazonas - UFAM (PIO, 2019). O Centro de Estudos Superiores de Parintins – CESP da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, foi criado pelo Decreto N° 21.963, de 27 de junho de 2001, está instalado no município de Parintins-AM com início das atividades do curso de Licenciatura em Química no dia 7 de agosto de 2001. Atualmente conta com 72 professores e 22 funcionários distribuídos na Secretaria, nas coordenações de cursos, nos laboratórios, na biblioteca e CTIC – Coordenadoria de Tecnologia da Informação e Comunicação (UEA, 2020). Já no IFAM, o curso de Licenciatura em química teve início em agosto de 2002, como objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade da educação no Estado do Amazonas, no âmbito da formação de professores de Química para atuarem no Ensino Fundamental e no Ensino Médio (IFAM, 2019).

Sabe-se que a Lei de Diretrizes e Bases - LDB/96 foi sancionada na tentativa de reestruturar a educação brasileira. Sendo assim, estas mudanças também foram dirigidas ao ensino superior de todo o país, apontando para uma reestruturação da matriz curricular.

A Matriz Curricular do Curso de Licenciatura em Química foi concebida de forma a atender os documentos supramencionadas e, assim alcançar os objetivos propostos, desenvolver as competências, habilidades, valores e atitudes profissionais, de forma a contemplar o perfil profissional proposto. Vale destacar que a Matriz Curricular é constituída somente por disciplinas obrigatórias. (UFAM, 2016)

Partindo dessa reestruturação nos Projetos Pedagógicos e, em consonância, com as Resoluções existentes, o estudo busca mapear as universidades públicas do estado do Amazonas que ofertam a disciplina Química Inorgânica nos seus cursos de licenciatura em química, comparando os conteúdos abordados das ementas analisadas, uma vez que os tópicos trabalhados são temas de discussão e preocupação no processo de ensino e aprendizagem e curricular desses documentos.

2 I MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, realizamos um levantamento da disciplina Química Inorgânica somente nas IES públicas no estado do Amazonas.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi utilizado o método de análise documental. Foram utilizadas como bases os seguintes filtros: ementas da disciplina Química Inorgânica e curso de graduação de licenciatura em química.

Foram escolhidas três Instituições de Ensino Superior públicas que possuem a licenciatura em seus cursos: UFAM, UEA e IFAM. Além disso, os resultados foram selecionados mediante também a reformulação da matriz curricular, ou seja, a sua versão mais recente.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a reestruturação do currículo do Curso de Licenciatura em Química, avaliamos os tópicos mais trabalhados, a ocorrência de similaridades e diferenças nas ementas supracitadas da disciplina dos Projetos Pedagógicos.

O resultado é apresentado na Figura 1, no qual podemos perceber que os conteúdos das três instituições não se mostraram muito diferentes. Quanto à carga horária da disciplina, observamos que varia de 60h a 90h, sendo UEA 60h teoria e 30h prática. Percebemos ainda que a disciplina Química Inorgânica Experimental é ministrada juntamente com a teórica, correspondendo a 90h. A diferença de carga horária deve-se ao regime de curso, ou seja, alguns são integrais e, dessa maneira, as cargas horárias da disciplina química inorgânica são maiores.

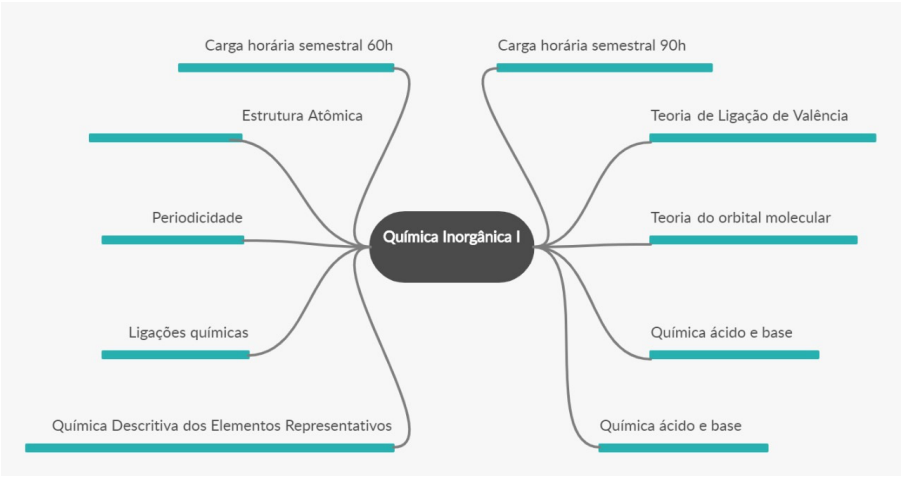


Figura 1. Relação das ementas analisadas na disciplina Química Inorgânica I.

As disciplinas podem surgir de três tradições: acadêmica, pedagógica e utilitária. Contudo, independente de sua tradição, os conteúdos escolhidos para sua ementa estão diretamente ligados aos conhecimentos que serão mais valorizados e que podem colaborar na formação do professional, ou seja, a seleção de conteúdos não é neutra e representa os interesses de um determinado grupo (GOODSON, 2001).

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases 9394/96, no seu art. 53, descreve que as universidades têm autonomia não só de criar, organizar e extinguir cursos e programas, mas também de fixar os currículos desses cursos e programas. Por isso, a relevância da reestruturação do currículo (BRASIL, 1999).

As universidades, ao construírem seus currículos, devem pensar não só na formação didática, científica e tecnológica do graduando.

Outra análise realizada de modo semelhante foi em relação à Química Inorgânica II e Química Inorgânica Experimental (Figuras 2 e 3, respectivamente). Ambas indicam os conteúdos que mais aparecem nas ementas. Exceto os conteúdos Introdução à Química Bionorgânica, ofertado pela UFAM na disciplina Inorgânica II e Simetria Molecular pela UEA.

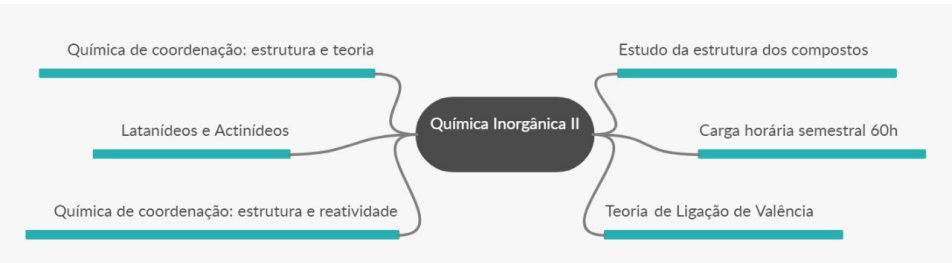


Figura 2. Relação das ementas analisadas na disciplina Química Inorgânica II.

Em relação à disciplina Química Inorgânica Experimental, observamos que às matrizes curriculares destas IES apresentam distinções em variantes como: cargas horárias da disciplina analisada, conteúdo diferente.

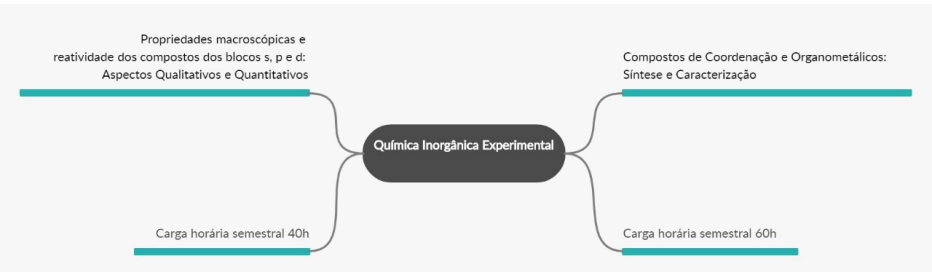


Figura 3. Relação das ementas analisadas na disciplina Química Inorgânica Experimental.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebemos no decorrer deste levantamento, que os resultados mostraram sutis discordâncias nas matrizes curriculares da disciplina em questão.

Essa análise se deu por meio de comparativos dos conteúdos trabalhados e de suas respectivas cargas horárias das três universidades públicas analisadas. No entanto, embora exista a percepção dessas diferenças, no geral, as ementas apresentam uma coerência quanto aos conteúdos abordados.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: Ensino Médio**. Brasília,1999.

GOODSON, I. **O currículo em mudança: estudos na construção social do currículo**. Porto: Porto Ed., 2001.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS **Projeto político pedagógico do curso de licenciatura em química**. Manaus: IFAM, 2019. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1DOnXBIYcj7L33uH9JoL5pc-tI4mBmo17/view> Acesso em: outubro. 2020

MESQUITA, N. A. da Silva; SOARES, Márlon H. F. B. **Aspectos Históricos dos Cursos de Licenciatura em Química no Brasil de 1930 a 1980**. Quim. Nova, Vol. 34, No. 1, 165-174, 2011.

PIO, J. L. de Souza. **Uma Breve História do Instituto de Ciências Exatas**. Disponível em: https://ice.ufam.edu.br/item-1.html, 2019. Acesso em: junho. 2021

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS. **Projeto político pedagógico do curso de licenciatura em química**. Amazonas: UEA, 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS. **Projeto político pedagógico do curso de licenciatura em química**. Manaus: UFAM, 2016.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO GEMOLÓGICA DAS ESMERALDAS DE PINDOBAÇU/BAHIA-BRASIL

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 06/05/2021

Sirlene Barboza Mendonça
Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/1819748490330524

Daniela Teixeira Carvalho de Newman
Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/4850722074869210

José Albino Newman Fernández
Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – Espírito Santo
http://lattes.cnpq.br/9604509352720695

RESUMO: Os garimpos de esmeraldas em Pindobaçu na Bahia são conhecidos desde 1963. A região está inserida em um ambiente geológico que é caracterizado por batólitos graníticos em contanto com migmatitos do embasamento. Ocorre principalmente em faixas ou bandas de flogopitito – conhecidas no garimpo como veios ou filões na zona de reação metassomática entre aplopegmatito e serpentinitos onde a molibidenita e a scheelita são seus principais minerais associados. Este trabalho foi realizado com o intuito de prover elementos científicos para caracterizar as esmeraldas dos depósitos de Pindobaçu/Ba-Brasil, assim como sua viabilidade comercial. A metodologia consiste na análise laboratorial de mais 40 amostras de esmeraldas cristalizadas nesta região sendo elas lapidadas e brutas. Estas que preservavam sua cristalização natural foram fatiadas perpendiculares paralelas e oblíquas. em relação ao eixo cristalográfico **c** em chapas de 3mm e polidas, a fim de captar inclusões por vários ângulos. Assim, a partir do índice de refração, microscopia óptica horizontal de imersão e demais métodos complementares, foi possível definir as características principais do depósito. Concluímos que, suas principais características são: frequentes diminutas inclusões fluidas monofásicas de gás e bifásicas compostas de líquido e gás distribuída ao longo do mineral ou em forma de aglomerado além da presença de forma recorrente de feições de crescimento em zonação de cor em tons de verde evidenciando planos de crescimento da esmeralda, bem como a presença de efeito chuva incipiente e inclusões sólidas de biotita/flogopita, talco e serpentina. A esmeralda alcançou notar de 6 a 8 e sua avaliação é de boa a média tornando-a viável à comercialização.

PALAVRAS-CHAVE: ESMERALDAS, PINDOBAÇU, INCLUSÕES.

GEMOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE EMERALDS OF PINDOBAÇU/BAHIA-BRAZIL

ABSTRACT: The emerald mines in Pindobaçu in Bahia have been known since 1963. The region is inserted in a geological environment that is characterized by granitic batholiths in contact with basement migmatites. It occurs mainly in bands or bands of phlogopitite - known in the mining as veins or veins in the zone of metasomatic reaction between aplopegmatite and serpentinites where molybdenite and scheelite are its main associated

minerals. This article was carried out in order to provide scientific elements to characterize the emeralds of the deposits of Pindobaçu/Ba-Brasil, as well as their commercial viability. The methodology consists of laboratory analysis of over 40 samples of crystallized emeralds in this region, which are cut and rough. Those that preserved their natural crystallization were sliced parallel and oblique perpendicular. in relation to the crystallographic axis c in 3mm and polished plates, in order to capture inclusions from various angles. Thus, from the index of refraction, immersion horizontal optical microscopy and other complementary methods, it was possible to define the main characteristics of the deposit. We conclude that its main characteristics are: frequent tiny monophasic and biphasic fluid inclusions composed of liquid and gas distributed along the mineral or in the form of agglomerates, in addition to the recurring presence of growth features in color zoning in green tones showing growth plans for the emerald. The emerald reached a score of 6 to 8 and its rating is good to average, making it viable for commercialization.
KEYWORDS: EMERALDS, PINDOBAÇU, INCLUSIONS.

1 I INTRODUÇÃO

Variedade gemológica do berilo de cor verde em tom médio a escuro devido a presença principalmente de cromo. Segundo o GIA, a esmeralda deve ter pelo menos 0.1% de Cr_2O_3, do contrário será simplesmente berilo verde (BRANCO, 2008).

A esmeralda era explorada pelos egípcios cerca de dois mil anos antes de Cristo, em Djebel Sikeit, nas proximidades do Mar Vermelho (CORNEJO E BATORELLI, 2014).

Sabe-se que a busca por esmeralda no Brasil remonta ao período colonial, quando foram fundados os primeiros povoados, durante as entradas e bandeiras. Apesar de terem sido reportados vários supostos achados deste mineral, desde o final do século XVI, até a década de 50 do sec. XX, foi apenas em 1963, por meio dos esforços de Jules Sauer, juntamente com um pequeno garimpeiro, que se descobriu o primeiro depósito de esmeralda no Brasil, com potencial de exploração comercial. Tal ocorrência, localiza-se na região de Salininhas, nas proximidades de Pilão Arcado, no estado da Bahia (SAUER, 1992).

Embora não exista um consenso sobre a classificação genética das esmeraldas, surgindo vários modelos que buscam associar a origem à presença de corpos ígneos ou composição química biotita/flogopita das rochas encaixantes. Hewton *et al*. (2013) de uma maneira a simplificar as características genéticas discute que, usualmente são classificas em: Tipo 1 (associadas a intrusões graníticas): Pegmatito com e sem xisto no contato com a rocha encaixante e Tipo 2 (controlada por estruturas tectônicas): Xisto sem pegmatito e folhelhos negros com veios e brechas.

Segundo Cavalcante (2010), as escavações à procura de esmeralda na região de Pindobaçu, se iniciou em 1963, na região conhecida como Bráulia, em Carnaíba de Baixo conhecido atualmente como trecho velho e de onde se originam as amostras desta pesquisa. Ele localiza geograficamente, as principais extrações de esmeralda da região na Serra da Carnaíba entre os municípios de Pindobaçu (latitude 10°44’34”S e longitude

40°21’46”W) e de Campo Formoso (latitude 10°30’41”S e longitude 40°19’21”W) (Figura 1).

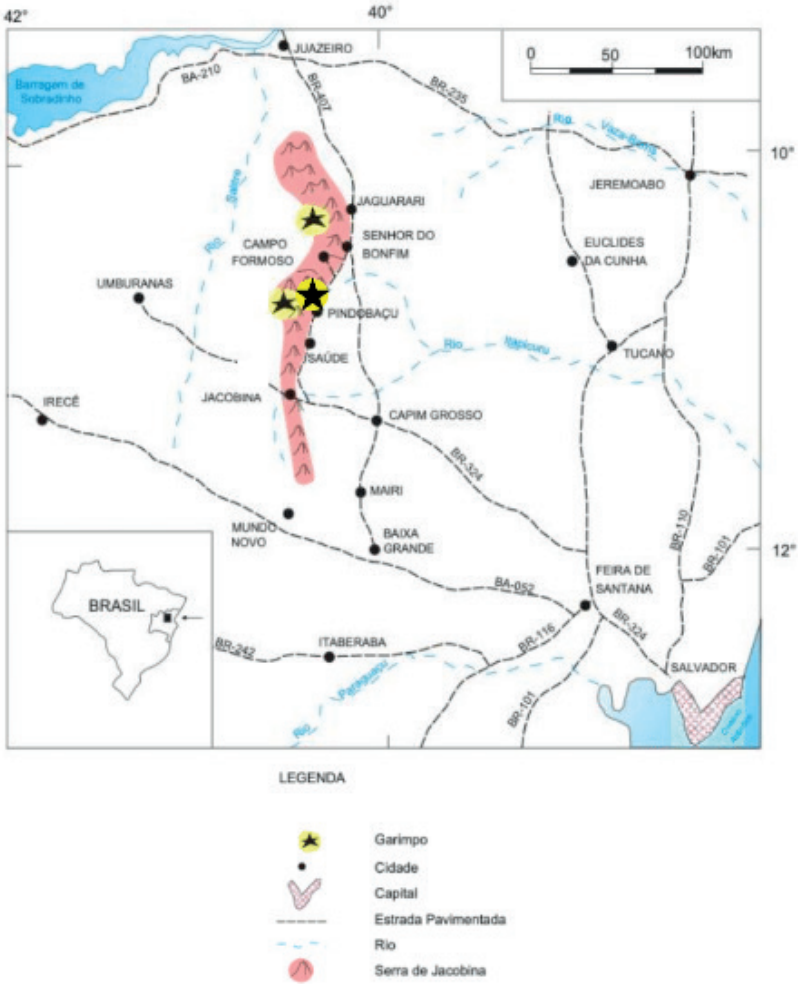


Figura 1: Mapa de Localização da Serra de Carnaíba, com a localização dos principais depósitos (modificado COUTO, 2000).

Os cristais de esmeralda originados na região de Pindobaçu/BA se mineralizam principalmente em flogopita-biotita xisto associado a veios de quartzo sendo assim são consideradas do tipo 1 com exceção da mina denominada de Marota que apresenta veios de quartzo discordantes não deformados, portadores de esmeralda posteriores aos veios pegmatóides plagioclásticos.

Segundo NEWMAN (2005), mineralização em esmeralda na região de Pindobaçu, está relacionada a pegmatóides albíticos ou veios de quartzo com albita e a veios de quartzo que cortam os serpentinitos. Os filões que contêm a esmeralda de natureza

metassomática apresentam núcleo de quartzo boudinados e envolvidos por biotita-flogopita-xistos que passam lateralmente para a encaixante (serpentinito) mais preservada da ação metassomática. Relata ainda, que as principais ocorrências de esmeralda ocorrem nas proximidades do granito de Carnaíba (Figura 2), em filões de flogopita-biotita-xisto encaixados em serpentinitos, especialmente em zonas mais fraturadas, onde os filões foram gerados pela ação metassomática dos pegmatitos injetados a partir do corpo granítico.

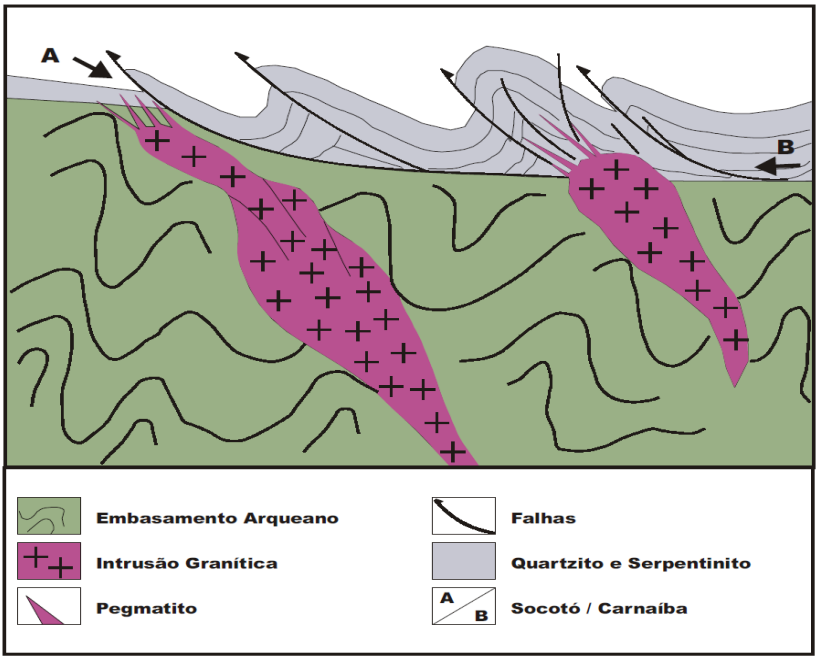


Figura 2: Modelo para mineralização de esmeralda dos depósitos da Serra de Carnaíba, posicionando os depósitos das regiões de Socotó (A) e Carnaíba (B) (NEWMAN, 2005).

2 | OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é coletar dados mineralógicos e gemológicos da esmeralda de Pindobaçu/BA, que possibilitaram realizar a sua caracterização e diferenciação com relação às demais ocorrências, no que tange a ocorrência de inclusões e nas características mineralógicas inerentes a essa ocorrência.

3 | JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A esmeralda é uma das gemas mais apreciadas no mercado e um dos poucos minerais onde as inclusões e descontinuidades internas são aceitas como fator não depreciativo de seu valor, uma vez que são inerentes aos processos geológicos envolvidos em sua cristalização e por serem uma ferramenta que auxilia na identificação de sua origem

geográfica. Assim, essa separação genética é de suma importância ao mercado de gemas.

4 I METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia empregada neste trabalho abarcou três etapas: Coleta do mineral, seleção e preparação das amostras, análises laboratoriais e interpretação de dados (Figura 3).

O trabalho iniciou-se com a coleta, seleção e preparação das amostras. Foram coletadas 40 amostras que por sua vez foram beneficiadas em material lapidado e chapas polidas em ambas as faces, com 3mm de espessura. As amostras foram cortadas perpendiculares, paralelas e oblíquas, em relação ao eixo cristalográfico **c**, propiciando dessa forma a descrição das descontinuidades internas presentes em diversas orientações dos cristais e uma caracterização óptica mais precisa.

Na etapa de análises laboratoriais foram tomadas medidas como índice de refração, birrefringência, densidade relativa, pleocroísmo. Foram realizadas descrições mineralógicas macroscópicas e microscópicas assim como a descrição do potencial de uso gemológico desse material.

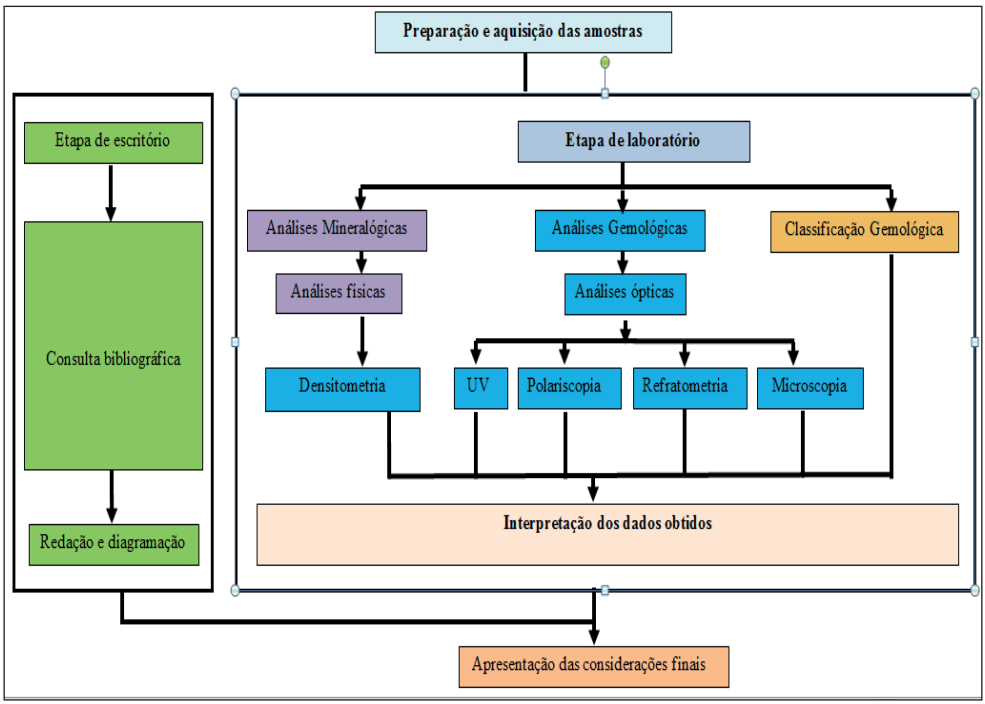


Figura 3 : Fluxograma mostrando as etapas metodológicas cumpridas nesta pesquisa

Fonte: os autores

Desta forma, foi realizada a interpretação dos dados obtidos nas análises laboratoriais com o levantamento bibliográfico, comparação dos dados obtidos e dos dados encontrados na literatura e a elaboração do texto.

5 I CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E GEMOLÓGICA

Foram analisadas 40 amostras de esmeralda sendo 33 delas lapidadas em diversas formas e 7 fatiadas perpendiculares, paralelas e oblíquas em relação ao eixo cristalográfico **c** em chapas de 3mm e bipolidas.

Na caracterização mineralógica foram feitas, análises macroscópicas tais como testes de dureza, descrição de hábito, agregado, fratura, etc. As amostras analisadas apresentam hábito prismático hexagonal, subédrico, fratura irregular, traço incolor, dureza de 6,5 a 7 aproximadamente, corroborando com os dados teóricos presentes na literatura (Figura 4).

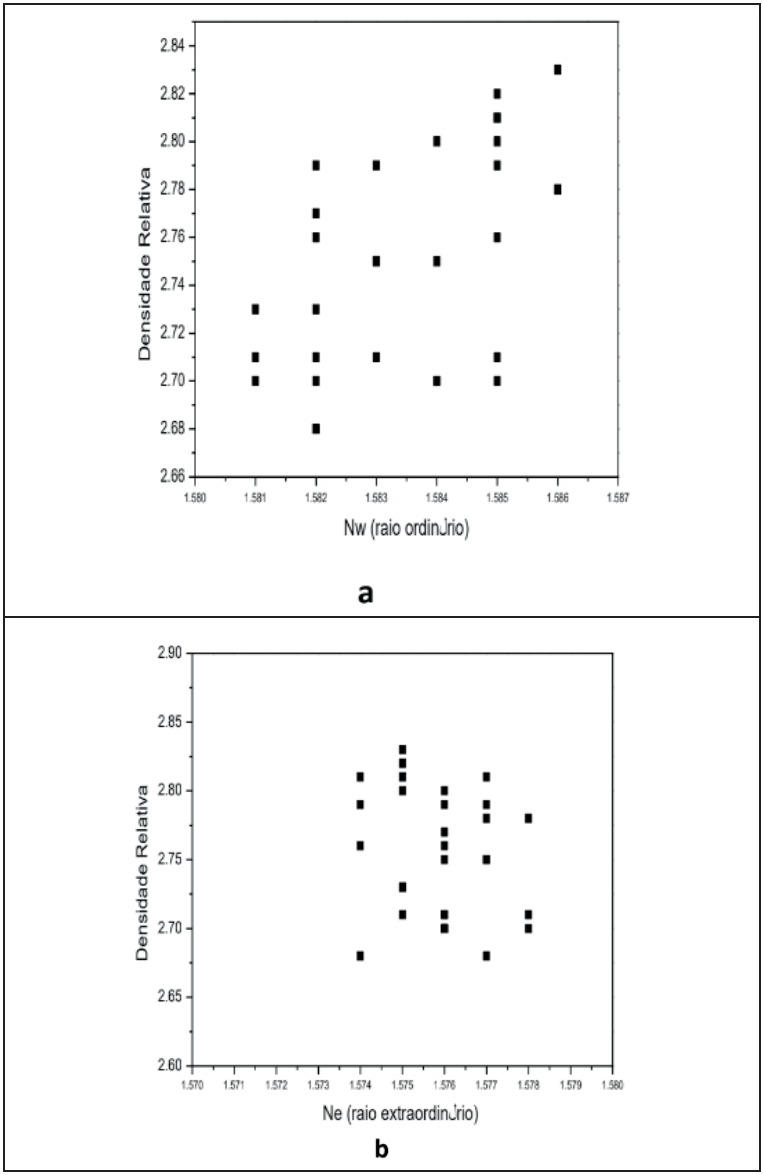
Figura 4:amostras brutas com coloração variando de verde médio a verde intendo

Fonte: os autores

Os dados coletados em laboratório, apresentam-se em conformidade com os disponíveis na literatura para a variedade gemológica alvo desta pesquisa. O peso das amostras analisadas variou de 0,8 a 4,0ct, com cor variando de verde médio a verde intenso. Com relação aos índices de refração, o raio ordinário ($n\omega$) variou de 1,581 a 1,586, o raio extraordinário($n\varepsilon$) variou de 1,574 a 1,578, com birrefringência compreendida entre 0,005 a 0,011. A densidade relativa apresentou valores compreendidos entre 2,68 a 2,83. As amostras possuem caráter uniaxial, apresentando sinal óptico negativo, apresentaram-se inerte quando expostas à câmara ultravioleta (ondas curtas e longas), com pleocroísmo

variando em tonalidades de verde médio a verde amarelado.

Observou-se uma tendência sugestiva de uma correlação positiva entre os dados de densidade e índice de refração (nω, nε), bem como densidade e birrefringência, o aumento da densidade implicando também no aumento dos outros parâmetros ópticos. Essa correlação positiva estaria relacionada ao acréscimo observado nos teores de álcalis e/ou maior quantidade de inclusões sólidas presentes nessas amostras. Para melhor visualização desta correlação positiva (d x nω, d x nε e d x b) são apresentados diagramas referentes aos cristais de esmeralda estudados (Figuras 5 a, b e c).



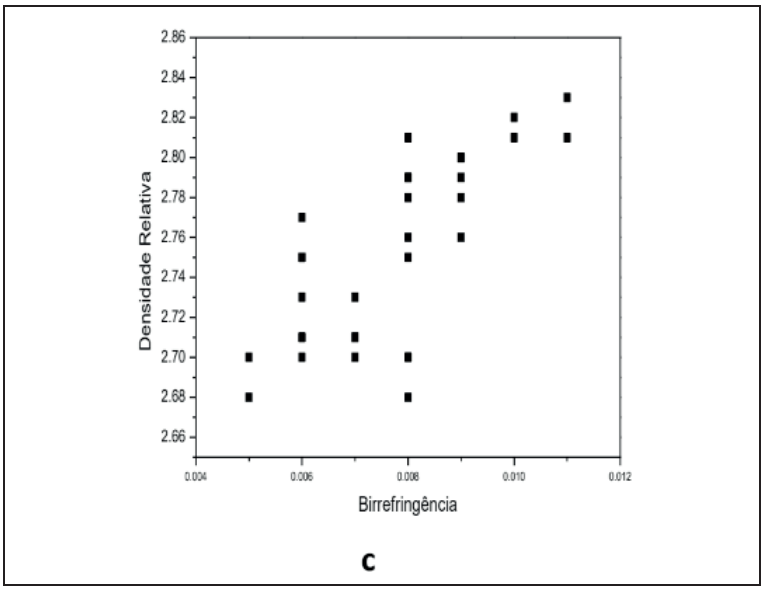


Figura 5: (a) Relação entre os parâmetros d x nω mostrando uma tendência sugestiva de uma correlação positiva; (b) Relação entre os parâmetros d x nε, mostrando uma tendência sugestiva de uma correlação positiva; (c) Relação entre os parâmetros d x b, mostrando uma tendência sugestiva de correlação positiva.

6 I FOTOMICROGRAFIAS DAS AMOSTRAS

As amostras foram caracterizadas com a utilização de microscopia de imersão, em microscópio gemológico horizontal combinado da marca Eickhorst System e as imagens foram capturadas a partir de smartphone acoplado ao mesmo.

CASTAÑEDA (1997) descreve as descontinuidades internas a serem descritas em materiais gemológicos de origem mineral. Tais inclusões envolvem descontinuidades de propriedades ópticas (zonação de cor, macla, zonação de diafaneidade, etc) e descontinuidades de propriedades físicas (cavidades de inclusões fluidas, fraturas e fissuras, inclusões sólidas, etc.). Desde o ponto de vista genético das inclusões são classificadas temporalmente como protogenéticas, primárias singenéticas, pseudo-secundárias singenéticas e secundárias epigenéticas.

GUBELLIN e KOIVULA (2008) descrevem como inclusões toda irregularidades presente no interior de um mineral, que podem ser observadas opticamente, compreendendo as inclusões sólidas, cavidades de inclusões fluidas, irregularidades estruturais, fraturas, fendas de clivagem e geminação, além das descontinuidades de propriedades ópticas, tais como zonação de cor e diafaneidade.

As descontinuidades ópticas e físicas, principalmente no caso da esmeralda, refletem o ambiente de cristalização, seja ela natural ou por algum método de sintetização. A aplicação de diversas técnicas analíticas, em conjunto com as análises das inclusões

permite a interpretação de dados que facilitam a identificação e caracterização de um determinado depósito mineral.

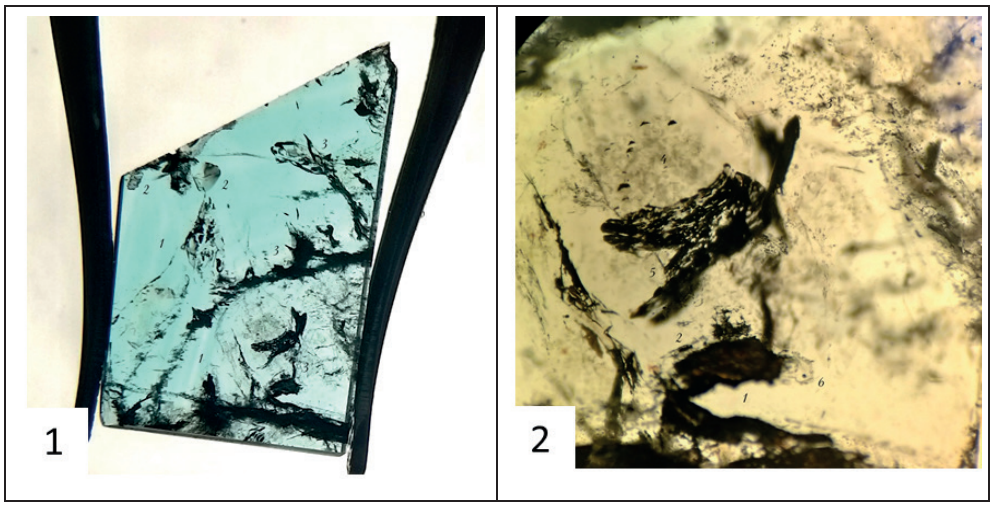
As amostras analisadas apresentam uma forte zonação de cor, concêntrica, sendo essa característica presente na maioria das amostras, marcando nesses casos os planos de crescimento do cristal.

Analisando a presença de inclusões sólidas de origem protogenética e singenéticas, foi possível verificar a presença de talco, biotita/flogopita, cromita, lepidocrocita, molibidenita, serpentina, quartzo e carbonatos, associados à paragênese da esmeralda ou presentes na composição das rochas encaixantes.

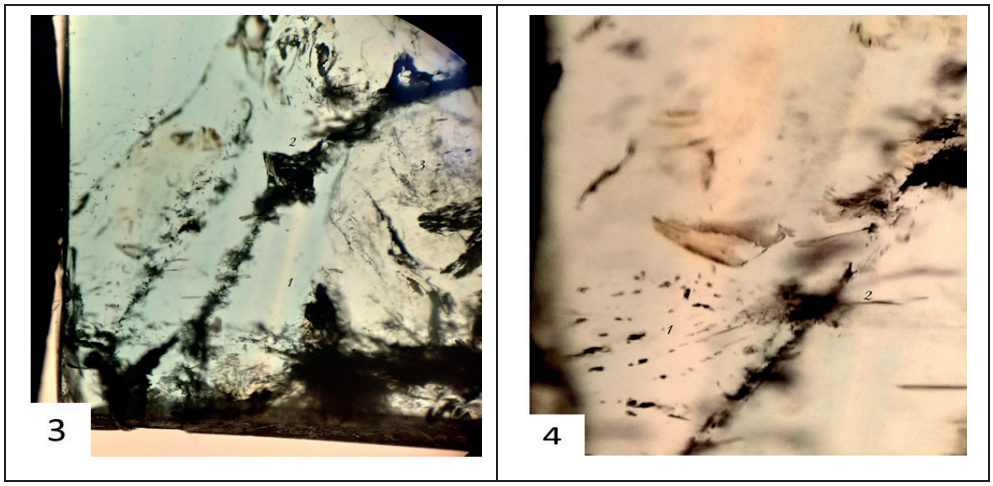
Estão presentes cavidades de inclusões fluidas de ocorrência frequente, no entanto chama atenção o fato de serem diminutas (com tamanhos inferiores a 5 micrometros), desta forma são nomeadas de micrólitos. Ocorrem raras cavidades primárias de preenchimento bifásico e em sua maioria crepitadas, evidenciando a recristalização de sua fase fluida após esse processo, tais fenômenos ocorrem quando há aumento brusco de temperaturas e pressões, inerentes ao ambiente de cristalização deste material e podendo relacionar-se a processos metamórficos/metassomáticos. As cavidades estruturais, do tipo canalículos orientados, são de ocorrência frequente, no entanto, formam um efeito chuva incipiente. Quanto ao contorno, predominam aquelas cavidades de contorno irregular, apresentando feições de escape de fluidos e estrangulamento, com preenchimento monofásico gasosos e bifásicos (l-g).

É frequente a ocorrência de fraturas e fissuras, pseudo-secundárias singenéticas (intragranulares) e secundárias epigenética (transgranulares). As primeiras geralmente encontram-se cicatrizadas total ou parcialmente por cavidades de inclusões fluidas, deformadas e muitas vezes crepitadas. As segundas, por sua vez, apresentam-se cicatrizadas por óxidos e/ou hidróxidos de ferro e/ou manganês, o que lhes confere colorações em tons de castanho a preto. Muitas vezes os minerais que cicatrizam essas fraturas apresentam-se em agregados dendríticos arborescentes.

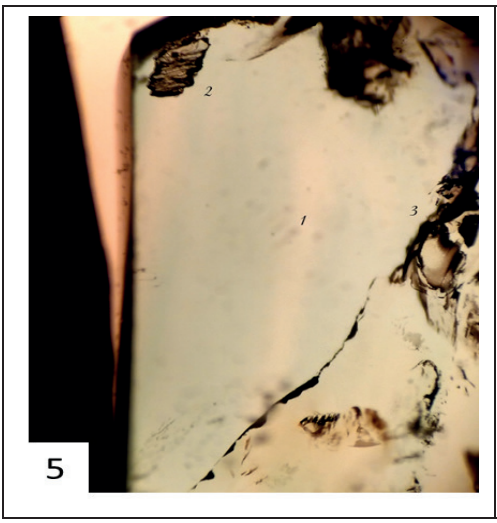
As Fotomicrografias apresentadas na sequência exemplificam as descontinuidades internas descritas para as amostras provenientes do depósito esmeraldífero de Pindobaçu, BA.

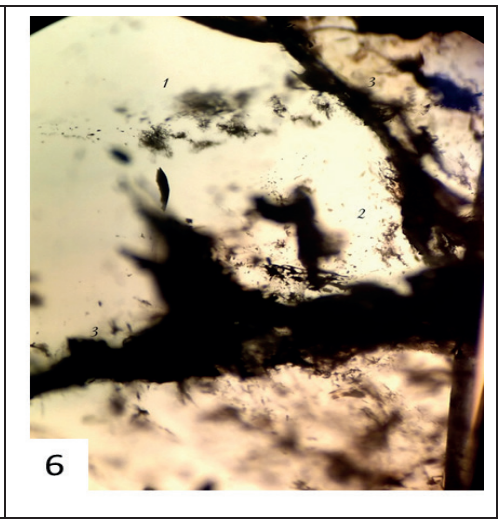


Fotomicrografia (1): 1. Feição de crescimento: zonação de cor em tons de verde evidenciando planos de crescimento da esmeralda; 2. Inclusão sólida protogenética de biotita/flogopita (biotita/flogopita), de contorno irregular arredondado; 3. Fratura intragranular singenética parcialmente cicatrizada por óxido/hidróxido. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com aumento de 25x. Fotomicrografia (2): 1. Inclusão sólida protogenética de contorno corroído, provavelmente um óxido; 2. Cavidade de inclusão fluida bifásica (líquida-gás), de caráter primário, contorno irregular e distribuição aleatória; 3. Diminutas cavidades de inclusões fluidas, de contorno irregular, bifásicas (líquido-gás), compõem micrólitos; 4. Inclusões sólidas talco, singenéticas agrupadas; 5. Fratura intragranular singenética, parcialmente cicatrizada por óxido/hidróxido; 6. Cavidade de inclusão fluida bifásica (líquido-gás), irregular, de ocorrência isolada e origem primária. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com aumento de 60x.

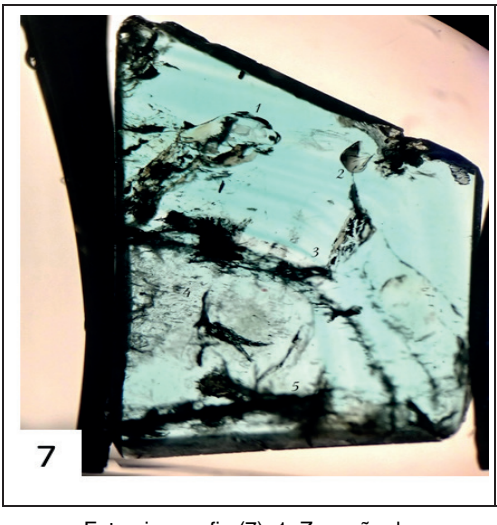


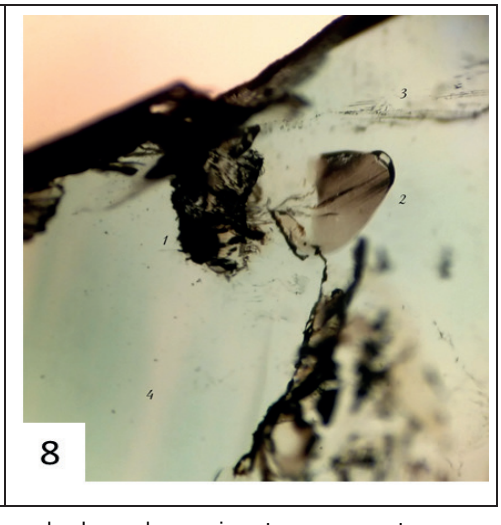
Fotomicrografia (3): 1. Feição de crescimento: zonação de cor em tons de verde, caracterizando planos de crescimento; 2. Fratura transgranular cicatrizada por óxidos, epigenética; 3. Inclusões singenéticas de albita aglomeradas; Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com 25x de aumento. Fotomicrografia (4): 1. Cavidades de inclusões fluidas monofásicas gasosas (gás cinza escuro), cicatrizando fratura intragranular singenética; 2. Agregado granular de inclusões sólidas de molibidenita concentrado em aglomerado; Fotomicrografia em campo claro, sem filtro e aumento de 80x.



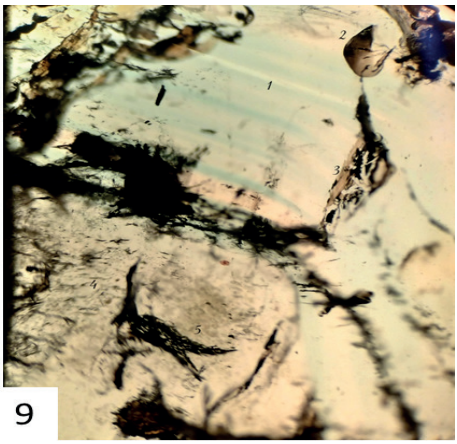


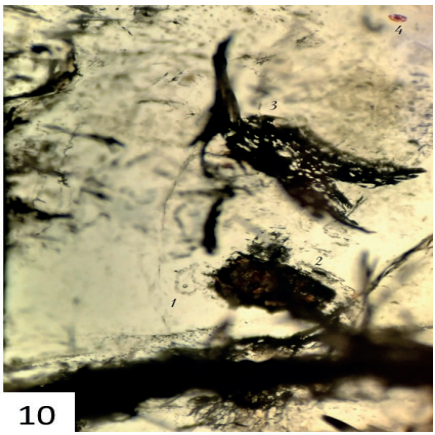
Fotomicrografia (5): 1. Feição de crescimento: zonação de cor em tons de verde, evidenciando os planos de crescimento; 2. Inclusão sólida protogenética de óxido apresentando contorno irregular; 3. Fratura singenética, parcialmente cicatrizada por óxidos/hidróxidos; Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, 35x de aumento. Fotomicrografia (6) 1. Inclusões fluidas primárias crepitadas, apresentando indícios de recristalização; 2. Micrólitos de inclusões fluidas; Fotomicrografia em campo claro, luz difusa e 80x de aumento.



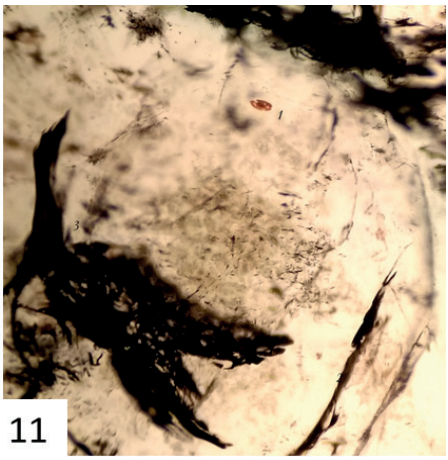


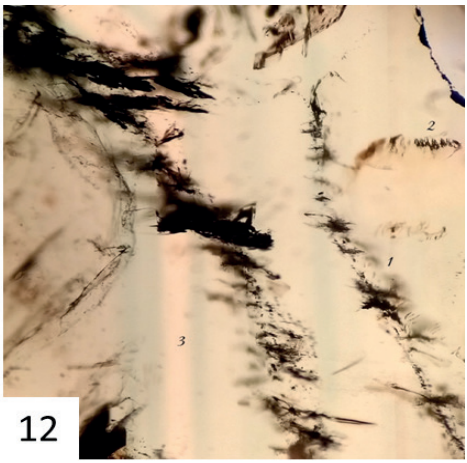
Fotomicrografia (7): 1. Zonação de cor, marcando planos de crescimento, com aspecto concêntrico; 2. Fratura conchoidal cicatrizada por óxidos, epigenética; 3. Fraturas transgranulares parcialmente cicatrizadas por óxidos em agregados dendríticos; 4. Diminutos canalículos orientados paralelamente ao eixo cristalográfico **c**, formando efeito chuva incipiente; 5. Concentração de inclusões de serpentina, protogenética. Fotomicrografia em campo claro, com 20x de aumento em luz difusa. Fotomicrografia (8): 1. Agregado granular de cristais de molibidenita, aglomerados próximo à fratura singenética; 2. Detalhe de fratura conchoidal, cicatrizada por óxidos/hidróxidos, origem epigenética; 3. Micrólitos de inclusões fluidas cicatrizando fratura singenética; 4. Detalhe da zonação de cor em tons de verde. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com aumento de 75x.



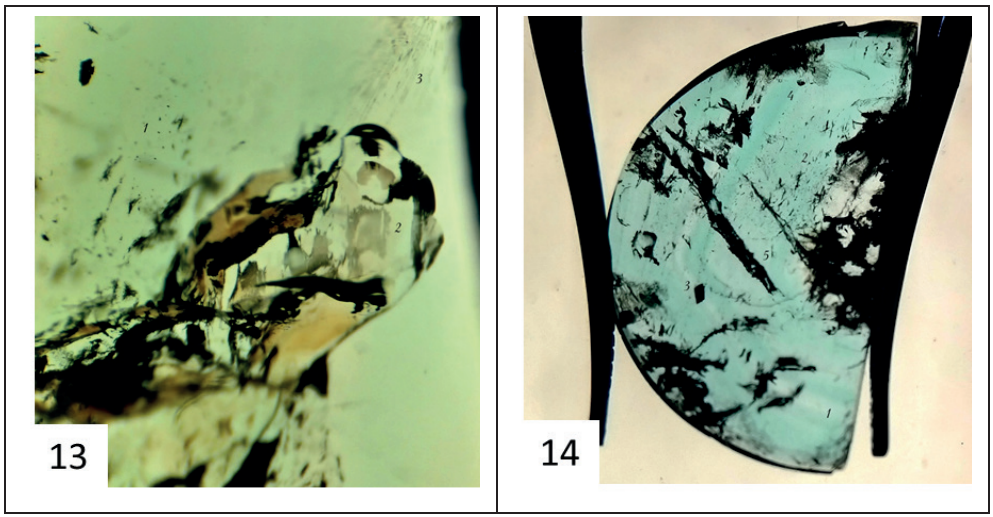


Fotomicrografia (9) 1. Feições de crescimento com angulação de 120º evidenciando cristalização hexagonal; 2. Fratura conchoidal cicatrizada por óxidos, de origem epigenética; 3. Fratura intragranular singenética, cicatrizada por óxido/hidróxido dendríticos; 4. Fratura parcialmente cicatrizada com inclusões monofásicas (g) e bifásica (l-g); 5. Inclusões sólidas talco, singenéticas, aglomeradas. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa e 60x de aumento. Fotomicrografia (10) 1. Cavidade de inclusão fluida de contorno serrilhado, preenchimento bifásico (l-g) e origem primária; 2. Inclusão fluida, com feições de escape de fluidos, bifásica (l-g); 3. Fratura epigenética, com preenchimento secundário de óxidos/hidróxidos; 4. Inclusão sólida protogenética de Lepidocrocita. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com 85x de aumento.

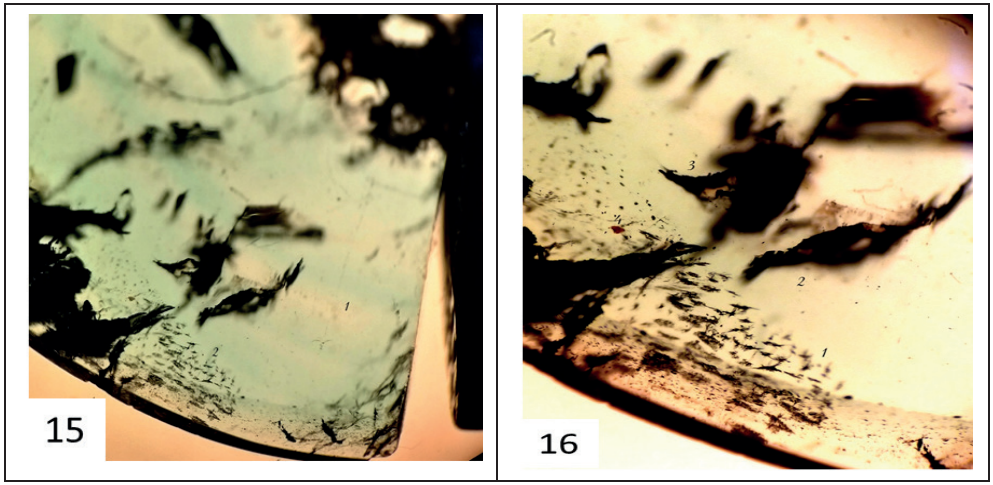




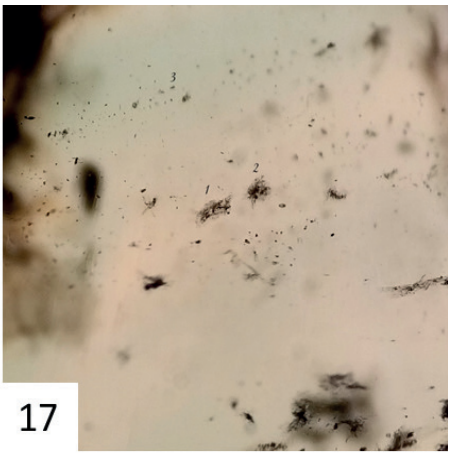
Fotomicrografia (11) 1. Inclusão sólida protogenética de lepidocrocita, com halo de alteração castanho; 2. Fratura cicatrizada; 3. Fratura epigenética, cicatrizada por óxidos/hidróxidos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, apresentando 90x de aumento. Fotomicrografia (12) 1. Inclusões sólidas protogenéticas de serpentina; 2. Inclusões de hidróxidos cicatrizando fratura epigenética, apresentando halo de alteração de cor castanho claro; 3. Feição de crescimento: zonação de cor em tons de verde, caracterizando planos de crescimento. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 95x de aumento.

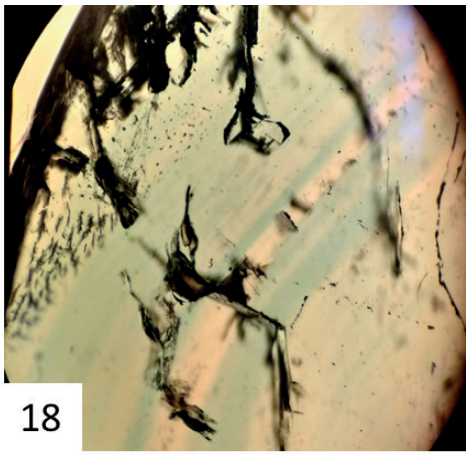


Fotomicrografia (13) 1. Fratura parcialmente cicatrizadas por diminutas cavidades de inclusões monofásicas e bifásica (l-g), compondo micrólitos; 2. Inclusão sólida singenética de biotita/flogopita, apresentando com contorno irregular; 3. Diminutos canalículos orientados paralelamente ao eixo cristalográfico **c**, formando efeito chuva incipiente. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 95x de aumento. Fotomicrografia (14) 1. Feições de crescimento concêntricas com angulação de 120º; 2. Fratura parcialmente cicatrizada por micrólitos, apresentando preenchimento monofásico (g) e bifásico (l-g); 3. e 4. Inclusões sólidas protogenéticas de cromita. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 15x de aumento.

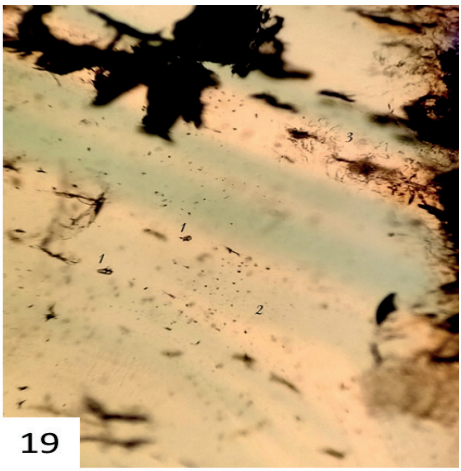


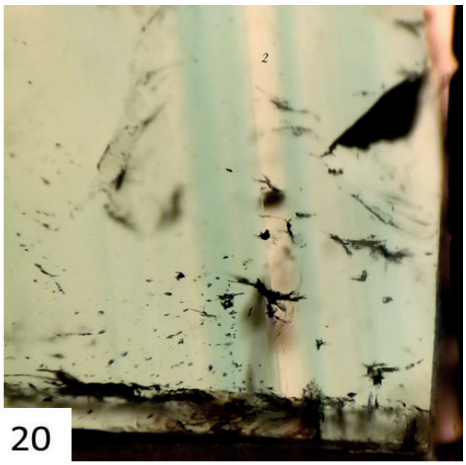
Fotomicrografia (15) 1. zonação de cor em tons de verde evidenciando planos de crescimento; 2. Cavidades de inclusão fluidas crepitadas, com feições de escape de fluidos e recristalização. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 30x de aumento. Fotomicrografia (16) 1. Cavidades de inclusão fluidas crepitadas, apresentando feições de escape de fluidos e recristalização, cicatrizando fratura intragranular singenética; 2. Inclusão sólida protogenética de goethita; 3. Cavidades de inclusões fluidas monofásicas diminutas (micrólitos); 4. Inclusão sólida protogenética de Lepidocrocita. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com 65x de aumento



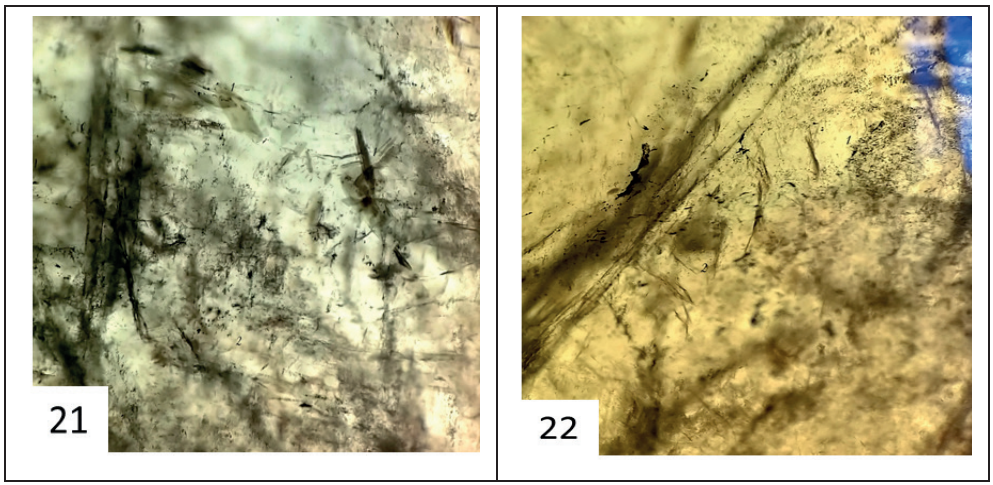


Fotomicrografia (17) 1 e 2. Cavidades de inclusões fluidas crepitadas, apresentando feições de escape de fluidos e recristalização, dispostas aleatoriamente no cristal, evidenciando origem primária singenética. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com aumento de 60x. Fotomicrografia (18) 1. Cavidades de inclusão fluidas crepitadas; 2. zonação de cor em tons de verde evidenciando planos de crescimento; 3. Fratura cicatrizada provavelmente por óxidos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa e 65x de aumento.

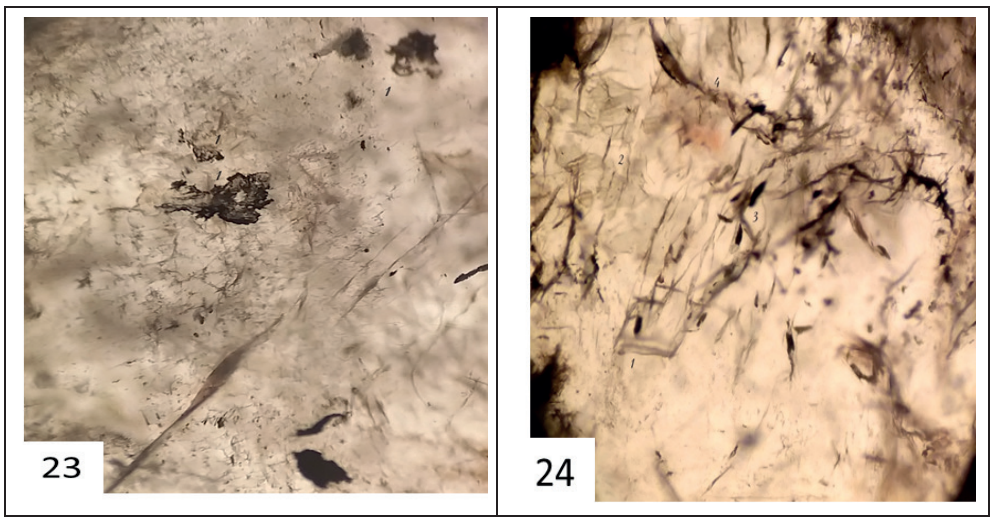




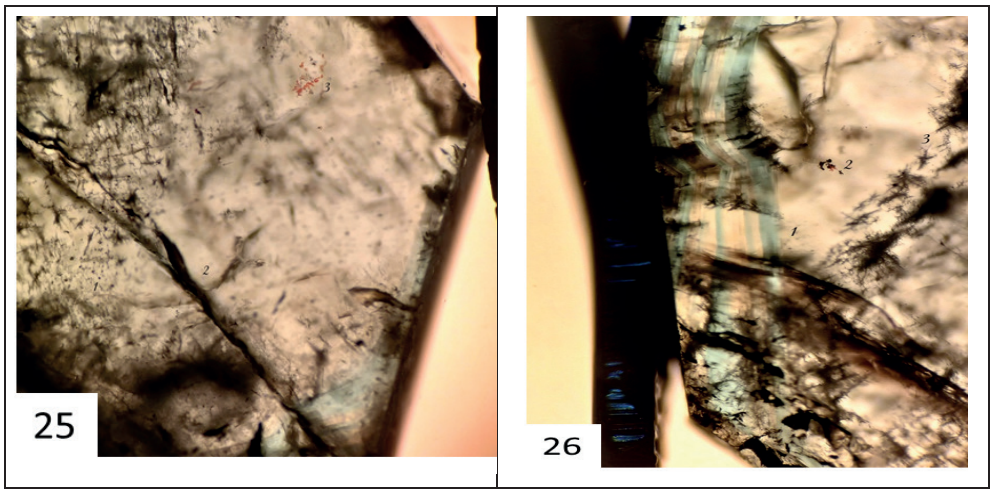
Fotomicrografia (19) 1. Feições de escape em cavidade de inclusões fluidas bifásicas (l-g), distribuída aleatoriamente no cristal; 2. Diminutas cavidades de Inclusões fluidas monofásicas (micrólitos); 3. Fratura parcialmente cicatrizada com sólidos dendríticos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa e 65x de aumento. Fotomicrografia (20) 1. Feições de escape em cavidade de inclusões bifásicas (l-g), distribuída aleatoriamente no cristal; 2. zonação de cor em tons de verde evidenciando planos de crescimento. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa e 65x de aumento.



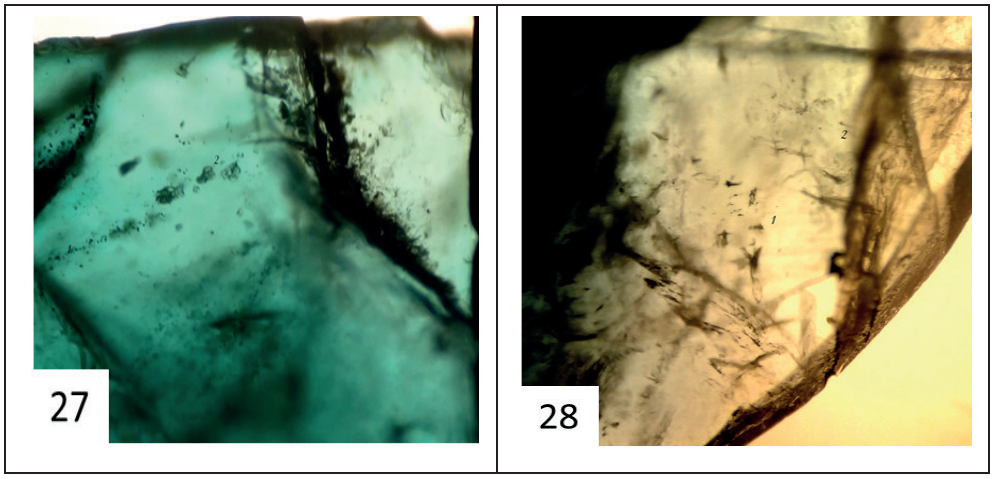
Fotomicrografia (21) 1. Inclusões sólidas protogenéticas de biotita/flogopita com contornos irregulares; 2. Inclusões fluidas diminutas, monofásicas (g), do tipo micrólitos. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, apresentando 80x de aumento. Fotomicrografia (22) 1. Fratura parcialmente cicatrizada com inclusões do tipo micrólitos, monofásicas (g) e bifásica (l-g) 2. Inclusões sólidas singenéticas de biotita/flogopita, com contorno regular. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, apresentando 80x de aumento.



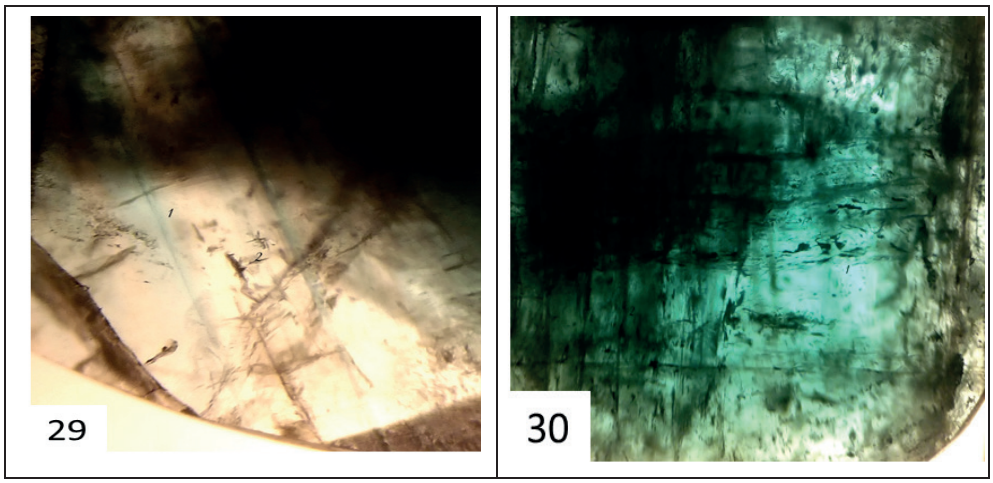
Fotomicrografia (23) 1. Cavidades de inclusões fluidas crepitadas. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa e 95x de aumento. Fotomicrografia (24) 1. Inclusão sólida de carbonato, de origem protogenética; 2. Agregado de inclusões solidas de origem singenética de talco; 3. Inclusões sólidas de molibidenita, protogenéticas; 4. Fratura parcialmente cicatrizada por óxidos/hidróxidos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 85x de aumento



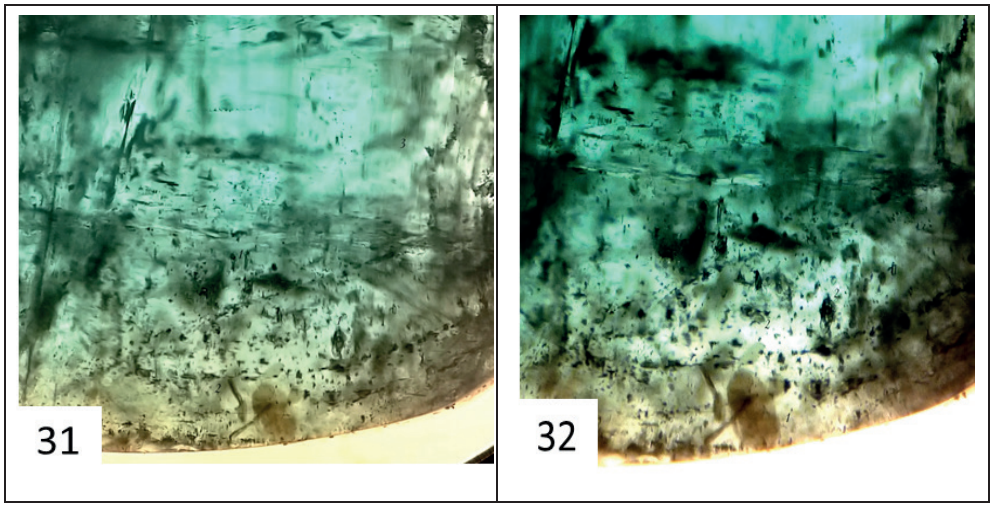
Fotomicrografia (25) 1. Inclusões fluidas monofásicas, tipo micrólitos; 2. Fratura cicatrizada por óxidos 3. Inclusões sólidas singenéticas de óxido de ferro. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 25x de aumento. Fotomicrografia (26) 1. Zonação de cor em tons de verde, evidenciando os planos de crescimento; 2. Inclusão sólida protogenética de lepidocrocita; 3. Inclusões sólidas protogenéticas de serpentina em agregados capilares. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa e 40x de aumento.



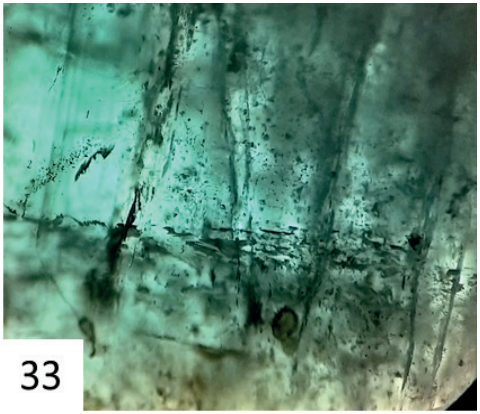
Fotomicrografia (27) 1. Fratura parcialmente cicatrizada por inclusões fluidas monofásicas(g); 2. Inclusões sólidas protogenéticas de quartzo com contorno irregular. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 45x de aumento. Fotomicrografia (28) 1. Cavidades de formatos irregulares bifásicas (l-g) primárias. 2. Fratura epigenética cicatrizada por óxidos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 45x de aumento.

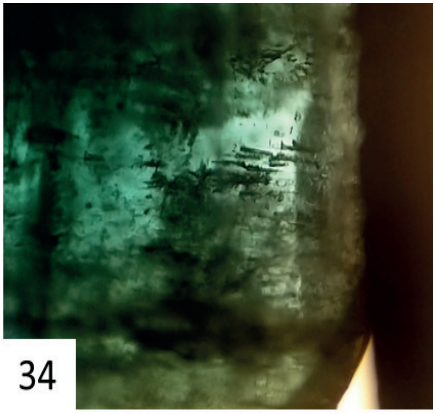


Fotomicrografia (29) 1. Zonação de cor evidenciando a variação de elementos cromóforos como cromo e vanádio, durante a cristalização; 2. Inclusões sólidas protogenéticas de cromita apresentando halo de alteração. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 30x de aumento. Fotomicrografia (30) 1. A amostra apresenta grande concentração de fraturas parcialmente cicatrizadas por prováveis óxidos/hidróxidos e poucas inclusões fluidas bifásicas (l-g), sob a forma de micrólitos. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com 30x de aumento.

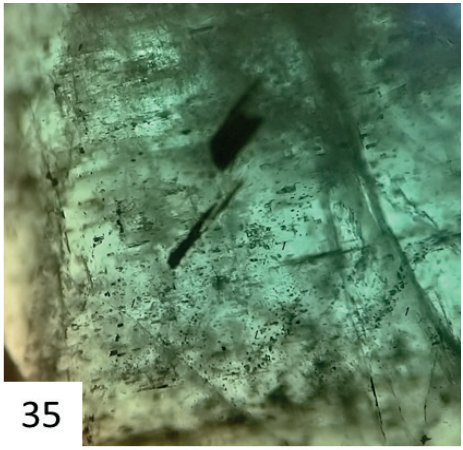


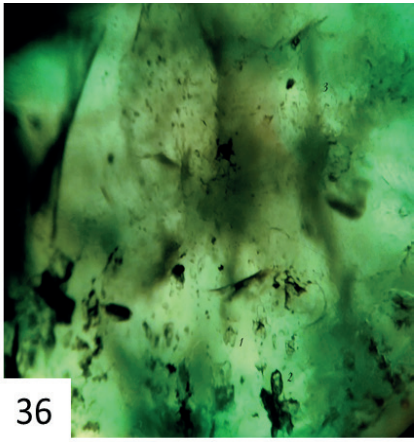
Fotomicrografia (31) 1. Cavidade primária bifásica (l-g); 2. Fratura parcialmente cicatrizada por cavidades de inclusões com (l-g) e inclusões monofásicas (g); 3. Linhas de crescimento. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 40x de aumento. Fotomicrografia (32) 1. Inclusão sólida protogenética de biotita/flogopita com contorno regular; 2. Cavidade de inclusão fluida bifásicas (l-g), primária. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com 30x de aumento.



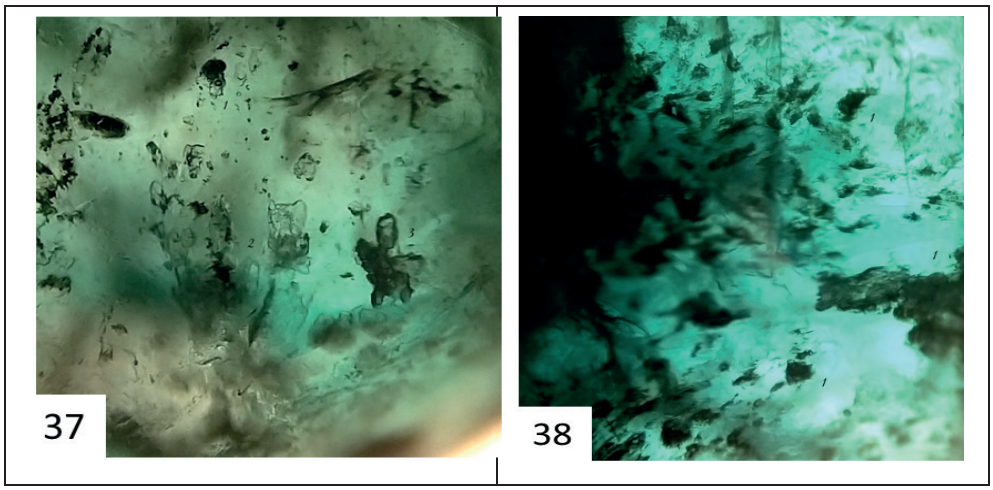


Fotomicrografia (33) 1. Zonação de cor em tons de verde, evidenciando as linhas de crescimento do mineral; 2. Fratura parcialmente cicatrizada com micrólitos monofásicos (g); 3. Fraturas cicatrizadas por óxido/hidróxido. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 60x de aumento. Fotomicrografia (34) 1. Cavidades de inclusões fluidas bifásicas (l-g), primárias; 2. Tubos de crescimento, na forma de canalículos corroídos, preenchidos por hidróxidos. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com 30x de aumento.

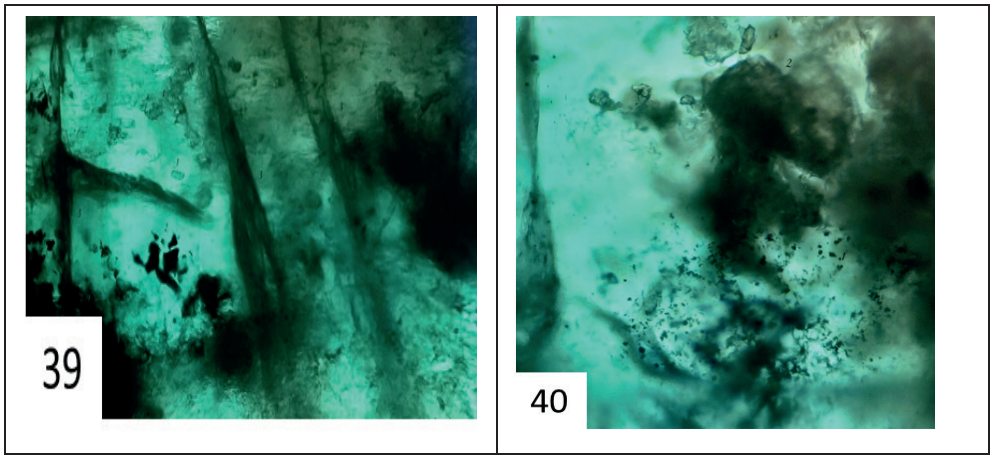




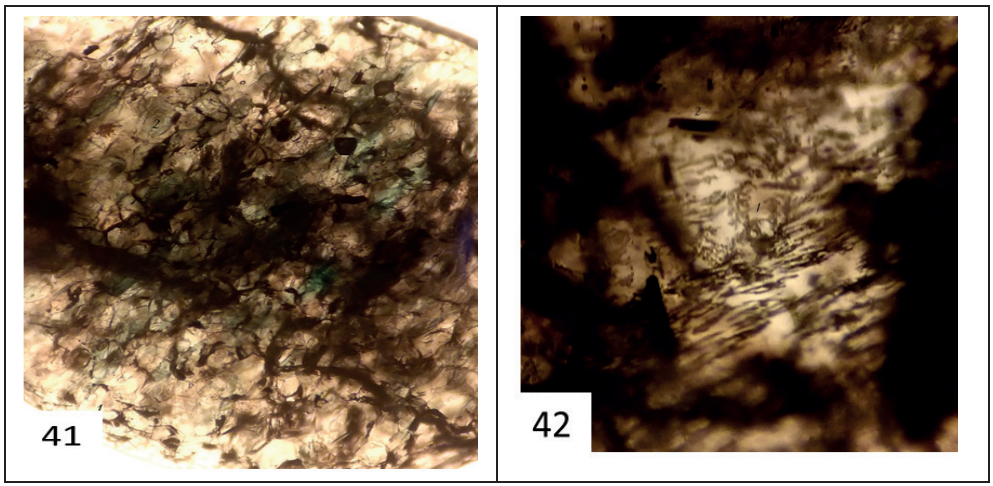
Fotomicrografia (35) 1. Cavidades de inclusões fluidas monofásicas (g) e bifásicas (l-g) distribuídas paralelamente, perpendicularmente e obliquamente com relação ao eixo **c**. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 30x de aumento. Fotomicrografia (36) 1. Inclusão sólida singenética de biotita/flogopita com contorno irregular; 2. Agregado de inclusões sólidas protogenéticas de talco com contornos irregulares; 3. Fratura transgranular epigenética, cicatrizada por óxidos/hidróxidos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 50x de aumento.



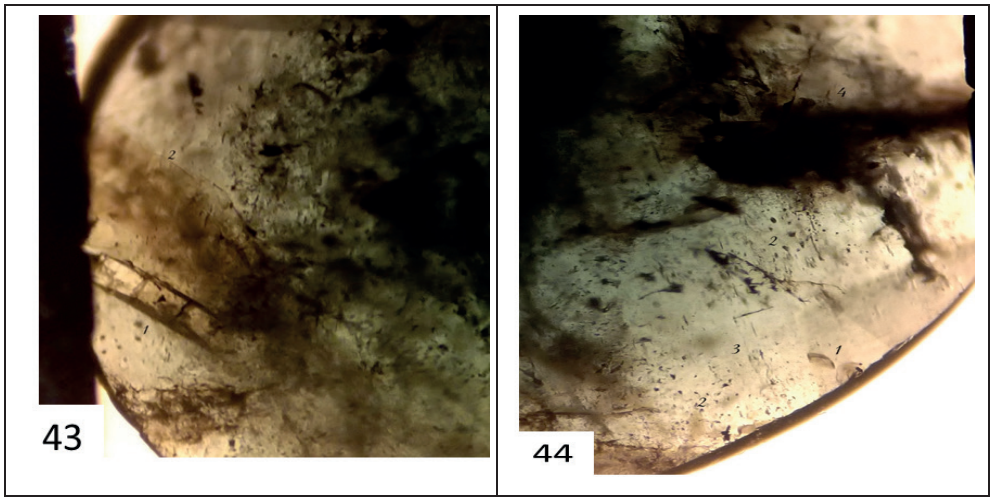
Fotomicrografia (37) 1. Cavidade de inclusão fluida, primária, bifásica (l-g); inclusões sólidas protogenéticas de talco com contorno irregular; 3. Agregado de inclusões sólidas protogenéticas de quartzo com contornos irregulares. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 50x de aumento. Fotomicrografia (38) 1. Concentração de placas de biotita/ flogopita. Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com 90x de aumento.



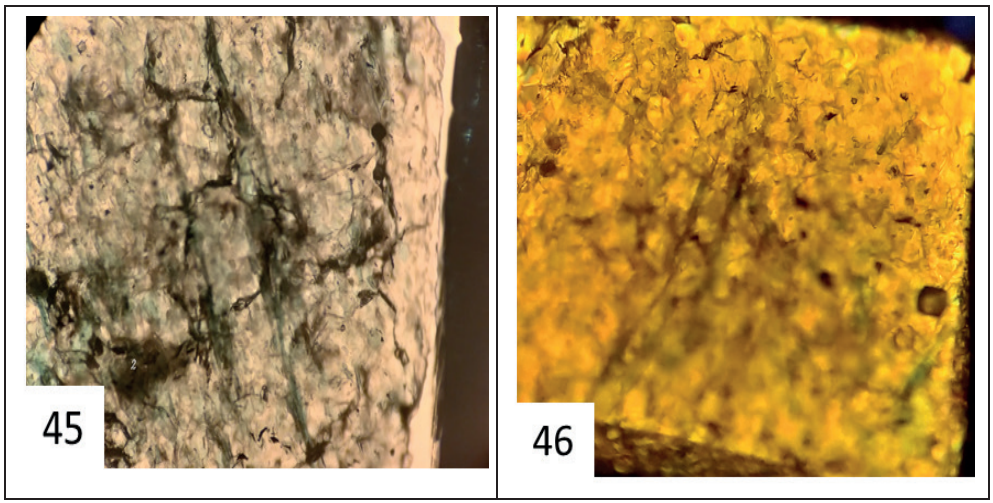
Fotomicrografia (39) 1. Inclusão sólida protogenética de talco em forma de cristal levemente corroído e arredondado; 2. Agregado de inclusões sólidas protogenéticas de molibidenita; 3. Fraturas epigenéticas, cicatrizadas por óxidos/hidróxidos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 50x de aumento. Fotomicrografia (40) 1. Inclusões granulares protogenéticas de cromita; 2. Agregado de cristais de quartzo, protogenéticas com feições de corrosão. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 50x de aumento.



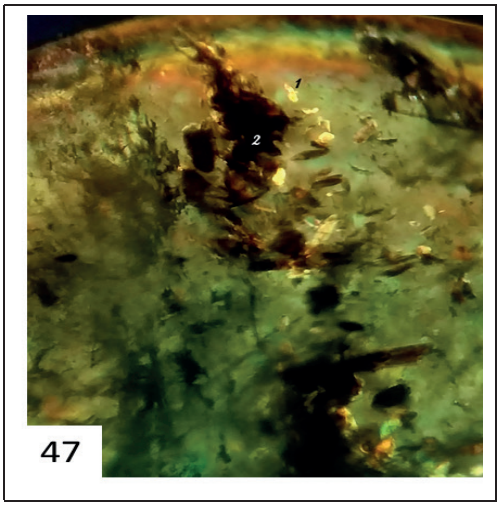
Fotomicrografia (41) 1. Inclusão sólida protogenética de talco com contorno irregular; 2. Inclusão sólida protogenética; Fotomicrografia em campo claro, sem filtro, com 50x de aumento. Fotomicrografia (42) 1. Inclusões sólidas cicatrizando fratura, com forma dendríticas; 2. Inclusão sólida protogenética de biotita/flogopita em forma de cristal levemente corroído e arredondado. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 90x de aumento.



Fotomicrografia (43) 1. Inclusões sólida protogenética de feldspato; 2. Inclusão sólida protogenética de biotita/flogopita com contorno irregular. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 20x de aumento. Fotomicrografia (44) 1. Inclusão sólida protogenética de biotita/flogopita com contorno irregular. 2. Inclusões fluidas monofásicas e bifásicas do tipo micrólitos; 3. Manchas escuras desfocadas evidenciando provável agrupamento de inclusões de carbonatos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 25x de aumento.



Fotomicrografia (45) 1. Inclusões sólidas protogenéticas de talco; 2. Inclusões sólidas singenéticas de biotita/flogopita; 3. Fraturas parcialmente cicatrizadas por óxidos/hidróxidos. Fotomicrografia em campo claro, luz difusa, com 60x de aumento. Fotomicrografia (46) 1. Inclusões birrefringentes de talco, distribuídas abundantemente ao longo de toda a amostra. Fotomicrografia em campo claro, com polarizadores cruzados, com 60x de aumento.



Fotomicrografia (47) 1. Inclusões placoídes de talco birrefringente; 2. Agregado de inclusões sólidas de biotita/flogopita. Fotomicrografia em campo claro, com polarizadores cruzados, com 40x de aumento.

7 I POTENCIAL GEMOLÓGICO DA REGIAO

A esmeralda se enquadra na classificação de gema natural de origem inorgânica e existem fatores intrínsecos como cor, brilho, lapidação, pureza, e fatores extrínsecos como controle de mercado e disponibilidade imediata que influenciam o preço final, sua potencialidade de exploração e utilização no mercado. A raridade da esmeralda é um

reflexo das condições excepcionais para a cristalização na natureza.

Os sistemas de graduação de cor, pureza ou grau de transparência, lapidação e acabamento tanto para gemas coradas quanto para diamantes, quando utilizados corretamente, facilitam muito a avaliação de uma gema, principalmente quando ela é realizada de acordo com um roteiro preestabelecido, que consiga ordenar as diferentes etapas de classificação ou graduação destas componentes até a avaliação final da gema.

A esmeralda de Pindobaçu apresenta qualidade gemológica, de média a boa, de acordo com a classificação proposta belo Instituto Brasileiro de Gemas e Metais, compondo nota global variando de 6 a 8, quando considerados os itens cor, pureza e lapidabilidade. A produção de esmeralda nesta região é de extrema importância histórica e econômica, tendo em vistas as oportunidades em torno de toda cadeia produtiva de um mineral gema, boa parte da população, sobrevivem diretamente da atividade extrativa, quer seja direta ou indiretamente.

8 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados aqui apresentados, contribuem para o entendimento das características mineralógicas e gemológicas da esmeralda proveniente de Pindobaçu. As amostras provenientes dessa região, assim como ocorre em toda a Serra da Carnaíba, apresentam forte indicativos de um potencial de exploração em larga escala.

As inclusões observadas no microscópio de imersão e petrográfico, auxiliam para identificação da origem e possibilitam a diferenciação desta esmeralda das demais ocorrências brasileiras.

A partir dos resultados obtidos em laboratório, por meio da análise de um corpo amostral contendon40 amostras, foi possível listar algumas particularidades dessa ocorrência esmeraldífera. Ela carrega em seu interior em forma de inclusões, minerais que nos conta a geologia de sua cristalização como talco, quartzo, lepidrocita entre outros. Podemos caracterizá-la então como esmeralda de Pindobaçu/BA principalmente por, suas frequentes diminutas inclusões fluidas monofásicas de gás e bifásicas compostas de líquido e gás distribuída ao longo do mineral ou em forma de aglomerado. Outra marcante característica dessa esmeralda é presença de forma recorrente de feições de crescimento em zonação de cor em tons de verde evidenciando planos de crescimento da esmeralda. A presença de efeito-chuva incipiente, inclusões crepitadas, fraturas e fissuras, também compõem o arcabouço de inclusões características desta localidade.

Considerando que a esmeralda de Pindobaçu/BA alcança nota global variando de 6 a 8 sua qualidade gemológica é classificado como boa a média, podemos concluir que essa mineralização esmeraldífera representa importante atividade econômica para os populares da região.

REFERÊNCIAS

BRANCO. P.M. **Dicionário de mineralogia e gemologia.** Oficina de textos/SP 2008 p. 161.

CAPOVILLA. M. M. G. M. 1995. **Aspectos petrogenéticos e metalogenético das jazidas de esmeraldas de Carnaíba e Socotó. Ba.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociência/USP. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44135/tde-28102015-102127/pt-br.php acesso em 20 jan. 2021.

CASTAÑEDA, C. **O estudo de inclusões.** Monografia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 1995 p. 66.

CORNEJO. C.; BATORELLI. A. **Minerais e pedras preciosas do Brasil.** Solaris Edições culturais – Perdizes/SP 2009 p. 445-457.

COUTO. P.A.A. **Mapa Gemológico do estado da Bahia texto explicativo.** CPRM-Serviço Geológico do Brasil - Salvador. Bahia. 2000 p. 30-44.

CAVALCANTE, R. F. Estudo do potencial de utilização do resíduo da extração de esmeraldas na fabricação de cerâmica biotita/flogopita de revestimento. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN), p. 103.

GUBELIN, E. J. e KOIVULA, J. I. **Photoatlas of inclusions in gemstones:** v 1, 2, 3. 5 edição. Zurich: ABC, 2008

IBGM – **Manual técnico de gemas.** 4 ed. rev. e atual. Brasília – 2009 p. 38 e 39.

KLEIN. C.; DUTROW. B. **Manual de ciências dos minerais.** 23. Ed. Porto Alegre. Bookman. 2012 p. 588.

NEWMAN, J.A. **Integração de dados geológicos e geofísicos para seleção de áreas alvos para a prospecção de esmeralda na Folha Itabira, Minas Gerais.** *Dissertação de Mestrado,* Universidade Federal de Ouro Preto, 2005 p.195.

SANTANA. A.J.; MOREIRA. M.D.; COUTO. P.A.A. **Esmeralda de Carnaíba e Socotó. Bahia: geologia e potencialidade e econômica biotita / flogopita.** Salvador – Cia. Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM 1995 p. 2-8.

SAUER. J.R. **O mundo das esmeraldas.** 1992 p. 47

SCHUMANN. W. **Gemstones of the world.** Sterling Publishing Co. Inc. New York 1997 p. 51 e 90.

SCHUWARZ. D.: **Esmeraldas. Inclusões em gemas.** Ouro Preto. UFOP/Imprensa Universitária. 1987 p. 100-108.

CAPÍTULO 5

CATALISADORES DE NÍOBIO E TERRAS RARAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL: UMA REVISÃO

Data de aceite: 21/06/2021

Caio Barbosa e Souza
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/9334841417297211

Anderson Felipe Sant´Anna Moreira
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/1633264814418348

Vanessa Santos Antunes
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/3427672001008190

Rosane Aguiar da Silva San Gil
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/3099380883775208

Elizabeth Roditi Lachter
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/8688736650901616

RESUMO: A catálise básica homogênea, principal método utilizado industrialmente para a produção de biodiesel, leva a alta conversão de triglicerídeos em ésteres metílicos em baixas temperaturas e a pressão ambiente em curto intervalo de tempo. Entretanto a presença de ácidos graxos no óleo, mesmo em pequenas quantidades pode ocasionar a neutralização do catalisador, gerar produtos secundários e diminuir o rendimento da reação. A presença de umidade também pode afetar negativamente a conversão em éster metílico, por causar a hidrólise do triglicerídeo, com produção indesejável de ácidos graxos. Por conseguinte, a catálise heterogênea ganha destaque por não ser tão sensível a esses parâmetros. No presente trabalho foi feita uma revisão sobre os catalisadores empregados na produção de biodiesel com destaque para compostos de nióbio e terras raras.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel, transesterificação, esterificação, nióbio, terras raras.

NIOBIUM AND RARE EARTHS DERIVED CATALYSTS FOR BIODIESEL PRODUCTION: A REVIEW

ABSTRACT: The homogeneous basic catalysis, most industrially used route for the biofuel production, leads to high conversion of triglycerides to methyl esters at low temperatures and ambient pressure in a short period of time. However, the presence of fatty acids in the raw triglyceride source, even in small quantities, can provoke neutralization of the catalyst, with generation of secondary products and thus decreasing the reaction yield. The presence of moisture can also negatively affect the methyl ester production, through the hydrolysis of the triglyceride producing undesirable fatty acids. In this sense heterogeneous catalysis emerge as a promising route, since it is not so sensitive to

the presence of fatty acids or humidity. In the present work a review focusing some of the heterogeneous catalysts used in the biofuel production, with emphasis on niobium and rare earths containing compounds is presented.
KEYWORDS: Biodiesel, transesterification, esterification, niobium, rare earths.

1 I INTRODUÇÃO

O avanço dos processos industriais levou, ao longo dos anos, à introdução de combustíveis fósseis derivados de carvão mineral, gás natural e petróleo como fontes de energia. O aumento da população mundial tem acarretado em um aumento no uso dessas fontes de energia e consequentemente a um aumento nas taxas de emissão de CO_2 bem como outros gases como o SO_X, que são prejudiciais à sociedade. O grande crescimento das taxas globais de emissão de CO_2 são responsáveis pelo efeito estufa, chuva ácida e pelos impactos ambientais para o ecossistema (GAMA *et al.* 2015; MIRANDA *et al.* 2018). Visando diminuir os índices de poluição do meio ambiente, é necessária uma ampla introdução de combustíveis renováveis em vários setores da indústria. Podemos destacar como exemplo de biocombustível o biodiesel, um combustível não fóssil, renovável, atóxico, o qual pode substituir total ou parcialmente o diesel de petróleo em motores de ciclo diesel, sem a necessidade de qualquer adaptação (PINTO et al., 2005). O biodiesel é produzido a partir de insumos disponíveis no País, possibilita a economia de divisas, geração de emprego, e a redução da emissão de gases que provocam o efeito estufa (PINTO et al., 2005; GAMA et al. 2015). Em 2003, no Brasil, foi criada a Comissão Executiva Interministerial do Biodiesel –CEIB- e o Grupo Gestor –GG- pelo governo federal com o objetivo de regulamentar e introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira (RAMOS et al., 2017). Em janeiro de 2008 entrou em vigor em todo o território nacional a mistura legalmente obrigatória de 2% de biodiesel ao diesel, chamado de B2. A partir de 2010 este percentual se elevou para 5%, o chamado B5 e recentemente, em março de 2020, alcançou 12% de biodiesel na composição do diesel. Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustivel- ANP, o Brasil pretende alcançar o patamar de 15% até o ano de 2023 (MENEZES, 2016; ANP, 2021). Os dados do percentual do biodiesel ao diesel a partir de 2008 estão apresentados na Figura 1.

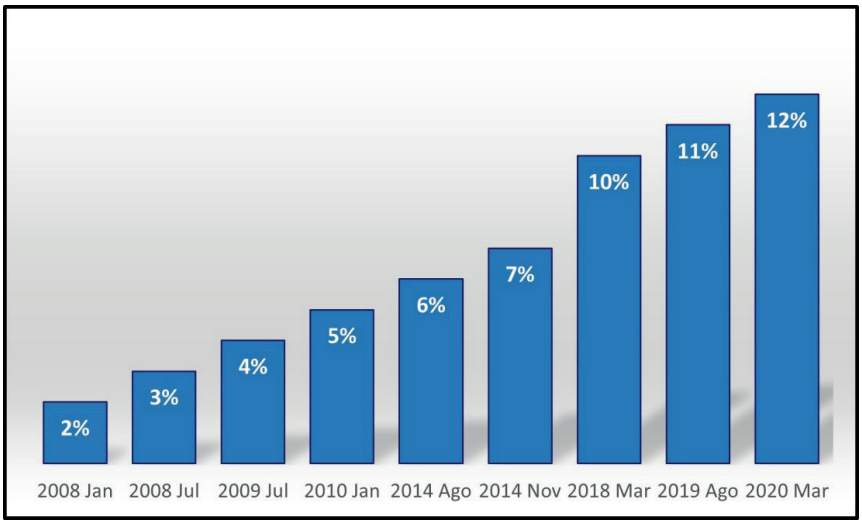


Figura 1- Aumento da mistura legalmente obrigatória do biodiesel adicionado ao diesel fóssil brasileiro ao longo dos anos.

Fonte: ANP, 2021.

O biodiesel, ésteres de ácidos graxos, pode ser obtido a partir de processos denominados esterificação e transesterificação. Na esterificação (Figura 1), utiliza-se um ácido carboxílico e um álcool primário (metanol ou etanol) para se obter o éster metílico ou etílico, que é o biodiesel.

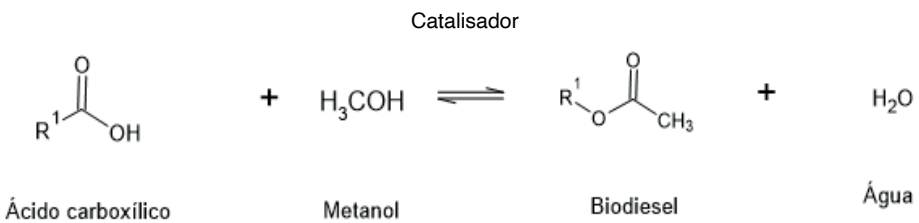


Figura 3: Equação da reação de esterificação.

Na transesterificação (Figura 3) utilizam-se óleos vegetais ou gorduras animais que reagem com um álcool primário (metanol ou etanol), gerando dois produtos: o éster e a glicerina.

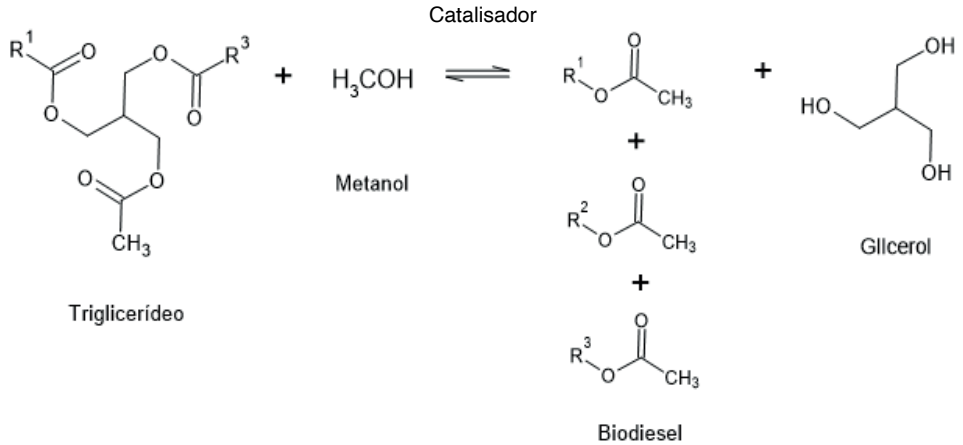


Figura 3- Equação da reação de transesterificação.

Diversos aspectos, incluindo-se o tipo de catalisador (ácido ou base), a relação molar álcool/óleo vegetal, temperatura, pureza dos reagentes e teor de ácido graxo livre têm influência no curso da transesterificação e da reação de esterificação.

A reação de transesterificação é geralmente catalisada por bases, como o hidróxido de potássio, hidróxido de sódio ou metóxido de sódio, devido ao seu baixo custo. Catalisadores ácidos também são empregados nas reações de transesterificação, e os mais comumente usados são ácido sulfúrico e o ácido clorídrico (SCHUCHARDT, 1998; LOTERO, 2005). Entretanto, o uso de tais catalisadores cria problemas ambientais (efluentes prejudiciais ao ambiente, corrosão, dificuldade de reciclagem do catalisador) ou problemas químicos (reações secundárias). Consequentemente, o uso dos catalisadores sólidos básicos ou ácidos tem vantagens como: a fácil separação do meio, ausência de problemas de corrosão e a possibilidade de reutilização (CORDEIRO, 2011; CHANGMAI et al. 2020). Diante desse cenário, diversos grupos tem pesquisado sobre o uso de catalisadores heterogêneos para a obtenção de biodiesel de qualidade e com bons rendimentos. Por meio desta rota sintética é possível se deparar com diversas vantagens, dentre ela a mais importante sendo a facilidade de se separar o catalisador do biodiesel, diminuindo-se com isso a quantidade de resíduos gerados.

O interesse na publicação de artigos sobre produção de biodiesel via catálise heterogênea aumentou muito nos últimos anos. A Figura 4 apresenta o número de publicações em catálise heterogenea na plataforma *Web of Science.*

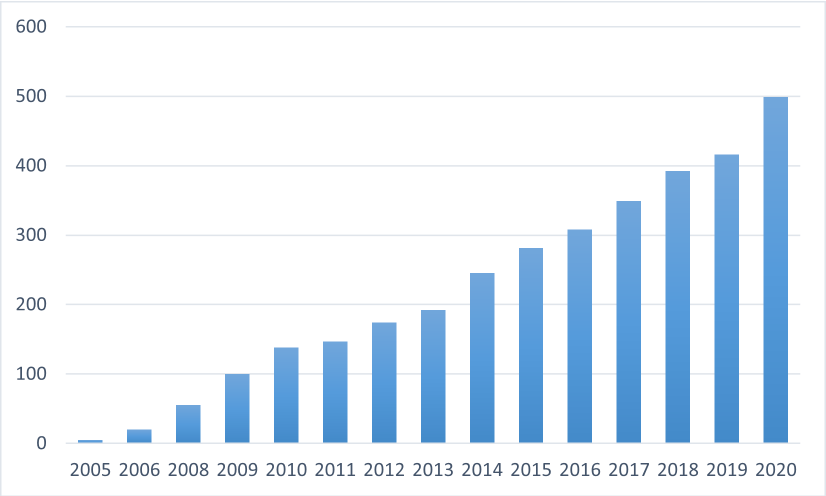


Figura 4- Aumento de publicações na área de catalisadores heterogeneeos para a produção de biodiesel em função do ano de publicação.

A utilização da rota via catálise ácida ou básica vai depender da matriz energética escolhida. O Brasil apresenta uma grande biodiversidade e vários óleos podem ser utilizados para a produção de biodiesel. Óleos com alto teor de ácidos graxos como óleo de palma ou gordura animal produzem alta quantidade de sabão quando a reação de transesterificação é catalisada por base, e neste caso a catálise ácida seria a rota mais adequada.

Na esterificação de ácidos graxos ou óleos vegetais com alto teor de ácidos graxos catalisada por sólidos ácidos podemos citar o uso de zeólitas (KISS, 2006), catalisadores à base de zircônia (NI, 2007), resinas trocadoras de íons REIS et al. 2015; MARQUES et al. 2017), sílicas sulfônicas (DHAINAUT, 2010), óxido e fosfato de nióbio (BASSAN et al., 2013) e catalisadores contendo terras raras (HENRIQUES, 2016).

No âmbito dos catalisadores heterogêneos, podemos destacar os compostos contendo nióbio ou os elementos da série de terras raras, já que são de importância estratégica para o país (SERRA et al. 2014; BRUZIQUESI et al. 2019). A produção de biodiesel via catálise heterogênea, ambientalmente mais aceitável, ainda é um desafio.

Pelo exposto, neste trabalho é apresentada uma revisão bibliográfica sobre catalisadores de nióbio e terras raras para obtenção de biodiesel a partir de fontes renováveis de energia.

2 I CATALISADORES A BASE DE NIOBIO PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Um dos primeiros trabalhos de esterificação de ácidos graxos com metanol, que relata o uso de Nb_2O_5 como catalisador, apresenta rendimento de 9% em oleato de metila após cinco horas de reação (OKASAKI e WADA, 1993). Mais tarde Nb_2O_5 tratado com ácido fósfórico foi avaliado na esterificação do ácido oléico com metanol e o rendimento em

éster foi de 35%. Os autores sugeriram que a introdução do grupo fosfato formaria fosfato de nióbio, que atuaria como um sítio catalítico ativo (PIETRE et al., 2010). ARANDA et al. (2009) estudaram o uso do óxido de nióbio na esterificação do óleo de palma com metanol e com o etanol. Eles avaliaram a influência do álcool na conversão em éster, avaliaram também a influência do tamanho da partícula do catalisador (pó, pellet menor, pellet maior), a influência da presença ou não de água no meio reacional e a influência da calcinação do catalisador (feita à 300°C por 2 h). Os estudos mostraram que a esterificação foi mais bem sucedida empregando-se metanol ao invés do etanol. Foram alcançadas conversões de 82% usando-se o metanol nas condições de 2% em massa de Nb_2O_5 de pellet de menor diâmetro, razão molar óleo/álcool de 1:3, temperatura de 130°C e 1 h de reação. Com o uso do etanol nas mesmas condições, obteve-se conversão de 24%. No que tange ao tamanho das partículas, observou-se que usando-se tanto o pellet menor, quanto o pellet maior do óxido de nióbio, as conversões foram bem próximas e superiores às obtidas com o uso do catalisador em pó. Com os pellets as conversões ficaram por volta de 75-80% e com uso do pó, a conversão ficou em torno de 60%. Com relação à presença de água na reação e à calcinação prévia do catalisador, os dados mostraram que as conversões foram bem menores quando o meio reacional continha água, chegando a uma conversão de 30% em éster. Para o caso da calcinação, observou-se que o catalisador calcinado anteriormente apresentou melhor atividade catalítica do que o catalisador sem tratamento. As conversões obtidas foram de cerca de 80% e 35%, respectivamente. BRANDÃO et al (2009) avaliaram ácido nióbico ($Nb_2O_5.xH_2O$) é ácido nióbico tratados com ácidos minerais (HNO_3, H_2SO_4 e H_3PO_4) na reação de transesterificação do óleo de soja e na reação de esterificação de áciods graxos com metanol. Nas reações de transesterificação o rendimento em ester metílico foi inferior a 14%. Na reação de esterificação rendimentos de 57% foram alcançados com os catalisadores tratados com H_2SO_4 e H_3PO_4 devido a um aumento da acidez do catalisador. GONÇALVES et al. (2011) avaliaram a reação de esterificação do áciod láurico, palmítico, esteárico, oléico e linoléico com metanol catalisada por ácido nióbico. Os resultados mostraram que a reatividade aumantava com o aumento da insaturação e a diminuição da cadeia hidrocarbônica. SANTOS et al. (2013) estudaram o efeito da temperatura de calcinação no óxido de nióbio e a sua performance catalítica na esterificação do ácido oleico com metanol. Foram avaliadas calcinações em 115°C, 300°C e 500°C e o catalisador sem calcinação. As reações de esterificação foram conduzidas com razão molar ácido/metanol de 1:30, duração de 48 h e avaliando-se o efeito da razão catalisador/ácido (1:1 e 1:5) e o efeito da temperatura na reação (variada desde a temperatura ambiente até 170°C). Os dados mostraram que as conversões em éster aumentaram com o acréscimo de temperatura até 100°C. Nas reações à 170°C, por possível evaporação do metanol, as conversões foram mais baixas, chegando a um máximo de 67,6% com o catalisador calcinado a 115°C. Com relação ao catalisador, observou-se que nas reações com razão catalisador/ácido de 1:1 as conversões foram maiores. Os pesquisadores mostraram que as

reações catalisadas pelo catalisador calcinado a 300°C foram obtidas conversões maiores. As condições reacionais que ofereceram a maior conversão em éster foram as utilizando-se catalisador calcinado à 300°C, conduzindo-se a esterificação na temperatura de 100°C, razão catalisador/ácido de 1:1 e usando-se tolueno como solvente auxiliar. A esterificação de ácidos graxos com álcoois na presença de ácido nióbico e fosfato de nióbio foi avaliada por BASSAN et al. (2013) e melhores resultados foram obtidos com o fosfato de nióbio. ROCHA et al. (2018) avaliaram o uso de minério de nióbio à base de Nb_2O_5 misturado com óxido de cálcio na proporção de 1:1 para a transesterificação do óleo de soja com metanol. Este sistema foi avaliado pelos parâmetros de quantidade de catalisador (variado de 0,3% até 5,0% m/m) e tempo reacional (de 224 até 1049 minutos). Os pesquisadores obtiveram um rendimento de 99,98% na transesterificação empregando razão molar de 1:100 de óleo/metanol, 5% em massa de catalisador e 224 minutos de reação. STURT et al. (2019) estudaram a atividade catalítica do óxido de nióbio modificado com grupos sulfato na esterificação do ácido oleico com metanol. Os pesquisadores estudaram a influência da razão molar ácido/metanol (de 1:5 até 1:25), da quantidade de catalisador (variada de 2,0% até 10,0% m/m) e do tempo reacional (de 5 minutos até 8 h) nesta reação e obtiveram uma conversão de 92% com 4 h de reação, 5% de catalisador e com razão molar ácido/metanol de 1:20. O grupo sulfato foi capaz de aumentar a acidez de Brönsted do óxido de nióbio, permitindo assim um desempenho catalítico bastante satisfatório. O catalisador também foi avaliado quanto à sua reusabilidade e foi observado que após 5 ciclos de reuso, o rendimento obtido na esterificação manteve-se acima de 80%. RADE et al. (2019) avaliaram o efeito da temperatura de calcinação (de 300° até 600°C) do fosfato de nióbio na sua acidez, estrutura, propriedades texturais e a relação dessas variáveis na atividade catalítica deste catalisador na esterificação contínua do ácido oleico com etanol. Os resultados obtidos mostraram que a calcinação a 300°C propiciou uma maior acidez, maior área superficial e um melhor desempenho catalítico do fosfato de nióbio. Com o catalisador obtido nessas condições obteve-se 61% de rendimento na esterificação do ácido oleico utilizando-se razão molar ácido/álcool de 1:6, temperatura de 250°C, 0,3 g do catalisador e vazão de 0,3 mL/min do substrato. CUBIDES-ROMÁN et al. (2019) avaliaram o óxido de nióbio em conjunto com o óxido de cálcio na proporção de 1:1 para a transesterificação do óleo de macaúba. O catalisador foi obtido pela mistura dos dois óxidos e posterior calcinação em mufla por 5 h à 600°C. Alguns parâmetros reacionais foram avaliados, como a razão molar óleo/metanol, que variou de 1:18 até 1:36, o percentual de catalisador, que variou de 1 a 3% e a temperatura reacional, que variou de 60 a 80°C. Os resultados mostraram que com este catalisador de nióbio foi possível obter rendimentos próximos a 90% empregando-se razão molar de 1:18, temperatura de 60°C e 3% de catalisador.

ARPINI et al. (2019) avaliaram o uso do oxalato amoniacal de nióbio na transesterificação de alguns óleos vegetais como o óleo de soja e canola. Para este estudo foram empregados 0,5 g do óleo e 1,5 g de álcool (metanol e etanol), e foram feitos estudos

variando-se alguns parâmetros reacionais, como o percentual de catalisador (20% e 100% m/m com o óleo), tempo reacional (4, 24 e 48 h) e temperatura (25 e 75°C). Os autores observaram que na transesterificação do óleo de soja com etanol obteve-se maiores conversões em biodiesel após 48 h de reação, 100% m/m de catalisador e temperatura de 75°C, atingindo-se por volta de 75% de conversão. Para o óleo de soja a conversão em biodiesel não chegou nem a 10%, mesmo com uso de 100% m/m do catalisador. Com relação ao óleo de canola, na transesterificação com etanol obteve-se conversões em biodiesel próximas a 60% na condição de 100% m/m de catalisador. Já usando-se metanol como álcool, obteve-se uma conversão de cerca de 10% na transesterificação do óleo de canola. Recentemente óxido de nióbio impregnado com sódio (Na/Nb_2O_5) foi avaliado na transesterificação de diferentes óleos vegetais com etanol. Foram utilizados como substratos óleos vegetais, como o óleo de andiroba, babaçu, *alga, pinhão manso*, palma e soja entre outros. Os autores encontraram conversões do óleo em éster etílico superiores a 95% com 10% de catalisador, relação molar etanol:óleo que variou de 59 a 75, temperatura de 78^{0}C e cinco horas de reação. A estabilidade estrutural do catalisador após as reações foi constatada por análise da concentração de sódio no biodiesel e no catalisador (CARVALHO et al. 2020).

A Tabela 1 apresenta os dados da literatura acerca do emprego de catalisadores heterogêneos contendo nióbio para a produção de biodiesel.

Catalisador	Matéria-prima	Condições de reação	Rendimento em éster (%)	Referências
Nb_2O_5	Óleo de palma	Razão molar óleo/metanol/1/3, 2% de catalisador, 130^{0}C 1h	82*	*Aranda et al., 2009*
$Nb_2O_5 \cdot nH_2O$	Ácido Oléico	Razão molar ácido/ metanol/1:30, 100% de catalisador, 100^{0}C,48h	82,5*	*Santos et al., 2013*
$NbOPO_4.nH_2O$	Ácido Oléico	Razão molar ácido/etanol/ 6/1, 0,3g de catalisador, 250 ^{0}C	61	*Rade et al., 2019*
Nb_2O_5/CaO	Óleo de soja	Razão molar óleo/metanol 1/100,0,15 g de catalisador,3h e 44 min	99,98	*Rocha et al.,2018*
Nb_2O_5/CaO	Óleo de macaúba	Razão molar óleo/metanol 1/18, 3% de catalisador, 60^{0}C	89	Cubides-Román et al., 2019
Na/Nb_2O_5	Óleo de soja	Razão molar óleo/etanol 1/59, 10% de catalisador, 78^{0}C	96,6	Carvalho et al. 2020

Nb_2O_5/SO_4^{2-}	Ácido Oléico	Razão molar ácido/metanol/ 1/20, 5% de catalisador,170 ^{0}C,4h.	92	Sturt et al., 2019
Nb_2O_5/ H_2SO_4 Nb_2O_5/ H_3PO_4 Nb_2O_5/ HNO_3	Óleo de soja	Relação m/m óleo/ metanol/ 10/2, 0,1 g de catalisador,160^{0}C,2h.	5 14 5	*Brandão* et al., 2009
Nb_2O_5/ H_2SO_4 Nb_2O_5/ H_3PO_4 Nb_2O_5/ HNO_3	Ácidos graxos	Relação m/m ácido/ metanol / 10/4, 0,1g de catalisador,160^{0}C, 1h.	57 57 40	

*conversão

Tabela 1: Dados da literatura sobre catalisadores heterogêneos contendo nióbio para a produção de biodiesel.

3 I CATALISADORES A BASE DE TERRAS RARAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Russbueldt et al. avaliaram óxidos de terras raras como o Y_2O_3, La_2O_3, CeO_2, Pr_6O_{11}, Nd_2O_3, Sm_2O_3 na reação de transesterificação do óleo de palma com metanol. Melhores resultados foram obtidos com o La_2O_3 devido a basicidade do mesmo. A atividade catalítica do óxido de cério (IV) foi estudado por WONG et al. (2015) em reações de transesterificação do óleo de palma. O catalisador óxido de cério (IV) em mistura com óxido de cálcio (CaO-CeO_2) foi obtido por impregnação e avaliado quanto à porcentagem relativa de CaO presente no catalisador. As reações de transesterificação foram realizadas utilizando-se 5% (m/m) de catalisador, refluxo a 65 ºC, pressão ambiente, relação molar de 1:12 de óleo de palma:metanol, e variando-se entre 10 e 70% as porcentagens de óxido de cálcio no catalisador. Para uma relação de 50%, foi obtida a conversão máxima de 95% em éster metílico após 4 horas de reação. A transesterificação do óleo de pinhão manso refinado foi avaliada por ZHOU et al. (2015) utilizando-se nano La_2O_3-S e nano La_2O_3-H como catalisadores. O primeiro material foi sintetizado por método sonoquímico, que permite preparar materiais nanoestruturados a partir de tratamento com ultrassom, e o segundo pelo método hidrotérmico. Para as reações de transesterificação, utilizou-se uma relação molar de 1:28 de óleo:metanol, 10% (m/m) de catalisador e temperatura de 180 ºC durante 90 minutos. Sob estas condições foram obtidas conversões em biodiesel de 90,3% e 94,8% para o nano La_2O_3-S e nano La_2O_3-H respectivamente. Considerando-se o menor tempo de preparação e a simplicidade do método sonoquímico, avaliou-se também o catalisador sintetizado por este método quanto à temperatura de reação (150ºC – 200ºC), tempo de reação (30 min – 180 min), relação molar óleo:metanol (1:16 – 1:36) e % (m/m) de catalisador (2 – 12). A maior conversão em biodiesel foi obtida utilizando-se uma relação molar de 28:1, 180ºC e 10% (m/m) de catalisador em um tempo reacional de 120 minutos, quando foram alcançados 97,6% de rendimento. O uso de uma maior

quantidade de catalisador promoveu o processo de saponificação, reduzindo a efetividade da reação. No trabalho realizado por VEIGA et al. (2016), foram sintetizados óxidos mistos de lantânio e zinco por método de co-precipitação. A avaliação catalítica dos catalisadores foi realizada por reações de transesterificação em dois tipos de óleo de soja, o refinado e com 10%(m/m) de ácido oleico em sua composição. Utilizou-se metanol sob relação molar de 1:45, temperatura de 200ºC, pressão autógena e 5% (m/m) de catalisador por 4 horas de reação. Variou-se a relação molar de Zn e La no catalisador (Zn/La = 9/1 e Zn/La = 1/1), além da temperatura de calcinação (450ºC e 750 ºC). Para o óleo de soja refinado, o catalisador com a maior proporção de Zn apresentou o melhor resultado de conversão, de 91%, quando a calcinação foi de 450ºC, o que indicou que o óxido de zinco teria um papel importante na transesterificação de triglicerídeos. Para o óleo de soja com ácido oleico, obteve-se o maior rendimento, de 95%, com o emprego do catalisador com proporções iguais de Zn e La calcinado a 750ºC. Os resultados indicaram que, para o óxido de lantânio, a maior temperatura de calcinação promoveu os melhores rendimentos na transesterificação dos triglicerídeos e esterificação do ácido oleico, simultaneamente. No trabalho realizado por NASREEM et al. (2017) na síntese de catalisadores para a produção de biodiesel, uma amostra de cinza composta por uma mistura dos óxidos SiO_2, Al_2O_3, CaO, K_2O e MgO foi usada como suporte para os óxidos de lantânio (La_2O_3) e manganês (MnO). Foram preparados 4 materiais diferentes: La:cinza, Mn:cinza, Mn:La e Mn:La:cinza, por impregnação e co-precipitação, variando-se o tempo de calcinação (1h e 6h). As reações de transesterificação foram realizadas com relação molar óleo de soja:metanol de 1:36, 4% (m/m) de catalisador a 200ºC por 4 horas de reação. Foi observado que o aumento do tempo de calcinação foi acompanhado por um aumento na atividade catalítica, chegando-se a obter 99% de conversão em éster metílico para o catalisador Mn:La:cinza calcinado a 700ºC por 6 horas. O uso de óxidos de terras raras, como por exemplo, o óxido de lantânio (La_2O_3) como catalisador em reações de transesterificação do óleo de palma, foi avaliado quanto a temperatura de reação, relação molar óleo:metanol e porcentagem (m/m) de catalisador. Identificou-se que ao elevar as condições reacionais em cada um destes parâmetros, obteve-se uma maior conversão em biodiesel. Utilizando-se 10% (m/m) de catalisador, relação molar 1:30 de óleo:metanol e 200ºC obteve-se 97% de conversão em éster metílico após 45 minutos de reação (Rattanaphra et. al., 2019). No trabalho realizado por SALINAS et al. (2019), foram sintetizados catalisadores por método Sol-Gel, em que o óxido de lantânio (La_2O_3) se encontra suportado por dois diferentes óxidos, a alumina (Al_2O_3) e a zircônia (ZrO_2). Os materiais sintetizados foram avaliados na transesterificação do óleo de canola para analisar a influência do óxido de lantânio na reação. Cada procedimento foi feito com relação molar de 1:36 de óleo de canola:metanol, 7% (m/m) de catalisador para as reações com a alumina pura e suportada, e 3% (m/m) para a zircônia pura e suportada, na temperatura de 65ºC e pressão ambiente. As duas reações feitas sem a presença do óxido de lantânio apresentaram conversões menores do que 1%. Entretanto ao se utilizar

La_2O_3 - Al_2O_3 e La_2O_3 - ZrO_2, foram obtidas conversões em éster metílico de 46% e 60% respectivamente. Portanto, mesmo sob as condições de pressão ambiente e temperatura de ebulição do metanol, a presença do óxido de lantânio aumentou de forma significativa a efetividade da reação.

A Tabela 2 apresenta os dados da literatura acerca do emprego de catalisadores heterogêneos contendo nióbio para a produção de biodiesel.

Catalisador	Matéria-prima	Condições de reação	Rendimento em éster (%)	Referências
CaO-CeO_2	Óleo de palma	Razão molar óleo/metanol de 1:12, 5% m/m de catalisador com 50% de CaO, refluxo a 65°C e 4 h de reação	95%	Wong et al., 2015
Nano La_2O_3-S e nano La_2O_3-H	Óleo de pinhão manso	Razão molar de óleo/ metanol de 1:28, 10% m/m de catalisador, 180°C e 90 minutos de reação	90,3% e 94,8%, respectivamente	Zhou et al., 2015
Nano La_2O_3-S e nano La_2O_3-H	Óleo de pinhão manso	Razão molar de óleo/ metanol de 1:28, 10% m/m de catalisador, 180°C e 120 minutos de reação	97,6%	Zhou et al., 2015
Óxidos mistos de La e Zn	Óleo de soja	Razão molar óleo/ metanol 1:45, 5% m/m de catalisador, 200ºC, 4 h de reação	91%	Veiga et al., 2016
Mistura de óxidos SiO_2, Al_2O_3, CaO, K_2O, MgO e La_2O_3, MnO	Óleo de soja	Razão molar óleo/metanol de 1:36, 4% m/m de catalisador, 200°C e 4 h de reação	99% de conversão	Nasreem et al., 2017
La_2O_3	Óleo de palma	Razão molar óleo/ metanol 1:30, 10% m/m de catalisador, 200°C e 45 minutos de reação	97% de conversão	Rattanaphra et al., 2019
La_2O_3 suportado em alumina	Óleo de canola	Razão molar óleo/ metanol 1:36, 7% m/m de catalisador, 65°C.	46%	Salinas et al., 2019
La_2O_3 suportado em zircônia	Óleo de canola	Razão molar óleo/ metanol 1:36, 3% m/m de catalisador, 65°C.	60%	Salinas et al., 2019

Tabela 2: Dados da literatura sobre catalisadores heterogêneos contendo terras raras para a produção de biodiesel.

4 I CONCLUSÕES

A catálise heterogênea se apresenta como um processo muito interessante na produção de biodiesel devido a fácil separação e reutilização do catalisador. Dentre os

catalisadores avaliados nesta revisão podemos destacar óxido de nióbio em reações de ácidos graxos com álcoois. Em relação as reações de transesterificação Na/Nb_2O_5 e se apresenta como um catalisador eficiente para a transesterificação de óleos vegetais com etanol. Os catalisadores contendo terras raras são tambem promissores para a produção de biodiesel. Os catalisadores de lantâni apresentam os melhores resultados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPERJ, pela bolsa PIBIC e auxilio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANP, **Evolução do percentual de teor de biodiesel presente no diesel fóssil no Brasil.** http://www.anp. gov.br/biocombustiveis/biodiesel, acessado em maio de 2021.

ARANDA, D. A. G. *et al***. The use of acids, niobium oxide and zeolite catalysts for esterification reactions**. Journal of Physical Organic Chemistry. 22 (2009) 709.

ARPINI, B. H. *et al***. Simple niobium catalysts applied in reflux and ultrasound-assisted systems for biofuel synthesis**. Journal of Brazilian Chemical Society 30 (2019)1897.

BASSAN, I.A.L., Nascimento, D. R., San Gil, R.A.S., Silva, M.I.P., Moreira, C.R., Gonzalez, W.A., Faro Jr., A.C., Onfroy, T., Lachter, E.R. **Esterification of fatty acids with alcohols over niobium phosphate**, Fuel Processing Technology 106 (2013) 619.

BISHWAJIT, Changmai *et al***. Widely used catalysts in biodiesel production: a review**, RSC Adv. 10 (2020) 41625.

BRUZIQUESI, C. G. O. *et al***. Nióbio: Um Elemento Químico Estratégico Para o Brasil**, Quim. Nova 42 (2019) 1184.

CORDEIRO, C. S. *et al***. Tecnologias de produção de biodiesel**, Quim. Nova 34 (2011) 47.

DHAINAUT, J. *et al***. Hierarchical macroporous–mesoporous SBA-15 sulfonic acid catalysts for biodiesel synthesis,** Green Chemistry 12 (2010) 296.

dos SANTOS, D. A. *et al***. Effect of $Nb_2O_5.nH_2O$ thermal treatment on the esterification of a fatty acid**. Modern Research in Catalysis. 2 (2013) 63-67.

FILHO, Paulo C. de Sousa; SERRA, Osvaldo A. **Terras raras no Brasil: histórico, produção e perspectivas,** Quim. Nova 37 (2014) 753.

GAMA, P. E. *et al***. Caracterização e atividade catalítica de K_2CO_3/Al_2O_3 na transesterificação do óleo de girassol com aquecimento convencional e micro-ondas**, Quim. Nova 38 (2015) 185.

GONÇALVES, J.A. et al. **Niobium oxide solid catalyst: esterification of fatty acids and modeling for biodiesel production**, J. Phys. Org. Chem., 24, 54–64, 2011.

KISS, A. A.; DIMIAN, A. C.; ROTEMBERG, G. Solid Acid Catalysts for Biodiesel Production - Towards Sustainable Energy, Adv. Synth. Catal. 75 (2006) 348.

LOTERO, E. *et al*. Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis, Ind. Eng. Chem. Res. 44 (2005) 5353.

MENEZES R.S. **Biodiesel no Brasil: impulso tecnológico**: volume 1. UFLA. 2016.

MEUNIER, F. C; NI, J. Esterification of free fatty acids in sunflower oil over solid acid catalysts using batch and fixed bed-reactors, Appl. Catal. A 333 (2007) 122.

MIRANDA, J. L. *et al*. **O Antropoceno e o CO_2: Processos de Captura e Conversão**, Rev. Virtual Quim. 10 (2018) 1915.

NASREEM, S. *et al*, **Comparison and effect of Cinder supported with Manganese and Lanthanum oxide for biodiesel production**, International Journal of Hydrogen Energy 42 (2017) 18389.

OKASAKI, S., WADA, N. **Surface properties and catalytic activities of amorphous niobium phosphate and a comparison with those of H_3PO_4-treated niobium oxide**, Catalysis Today 16 (1993) 349.

PIETRE, M.K., Almeida, L.C.P., Landers, R., Vinhas, R.C.G., Luna,F.J., **H_3PO_4- and H_2SO_4-treated niobic acid as heterogeneous catalyst for methyl ester production**, Reaction Kinetics, Mechanisms, and Catalysis 99 (2010) 269.

RADE, L. L. *et al*. **Optimization of esterification reaction over niobium phosphate in a packed bed tubular reactor**. Renewable Energy 131 (2019) 348.

RAMOS L. P. *et al*. **Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis**, Rev. Virtual Quim. 9 (2017) 317.

RATTANAPHRA, D. *et al*, **Synthesis, characterization and catalytic activity studies of lanthanum oxide from Thai monazite ore for biodiesel production**, Renewable Energy 131 (2019) 1128.

REIS, M. C. *et al*. **Produção de biodiesel a partir de ácidos graxos provenientes do refino de óleos vegetais via catálise ácida heterogenea e micro-ondas**, Quim. Nova 38 (2015) 1307.

ROCHA, B. G. *et al*. **Minério de nióbio como catalisador para produção de biodiesel.** Contribuição técnica ao 73° Congresso Anual da ABM, 2018.

ROMAN, D. C. C. *et al*. **Methyl esters production by heterogeneous catalyst mixtures of CaO/ Nb_2O_5 with simulation of analysis of environmental impacts**. Journal of Brazilian Chemical Society 30 (2019) 562-570.

RUSSBUELD et al. New rare earth oxide catalysts for the transesterification of triglycerides with methanol resulting in biodiesel and pure glycerol, Journal of Catalysis 271 (2010) 290–304.

SALINAS, D. *et al*, **Lanthanum oxide behavior in La_2O_3-Al_2O_3 and La_2O_3-ZrO_2 catalysts with applicatio in FAME production**, Fuel 253 (2019) 400.

SHUCHARDT, U.; SERCELI, R.; VARGAS, R.M. **Transesterification of Vegetable Oils: a Review**, Chem. 9 (1998) 199.

STURT, N. R. M.; VIEIRA, S. S.; MOURA, F. C. C. **Catalytic activity of sulfated niobium oxide for oleic acid esterification**. Journal of Environmental Chemical Engineering 7 (2019) 102866.

VEIGA, P.M. *et al*, **Synthesis of Zn,La-catalysts for biodiesel production from edible and acid soybean oil**, Renewable Energy 99 (2016) 543.

WONG Y.C. *et al*, **Biodiesel production via transesterification of palm oil by using CaO–CeO2 mixed oxide catalysts**, Fuel 162 (2015) 288.

ZHOU, Quan *et al*, **Nano La_2O_3 as a heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis by transesterification of Jatropha curcas L. oil,** Journal of Industrial and Engineering Chemistry 31 (2015) 385.

CAPÍTULO 6

COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA – IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Data de aceite: 21/06/2021

Ana Cândida de Paula Ribeiro e Arruda Campos
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/IG
Campus Barão Geraldo/SP

Liliane Bonadio Terra
Universidade Estadual Paulista – UNESP/FCAV
Campus Jaboticabal/SP

RESUMO: A crescente demanda e consumo de recursos hídricos aflige o mundo contemporâneo e impõe o seu aproveitamento de maneira racional e planejado, a começar por minimizar as perdas de água, sobretudo nos municípios banhados pela Bacia do Rio São Francisco os quais apresentam, de maneira geral, altos índices de perda. Este trabalho tem como objetivo mostrar como ocorrem as perdas de água, bem como a legislação que regula as políticas públicas que visa seu combate. Utilizará como metodologia o levantamento bibliográfico e bases de dados governamentais para o fomento das políticas públicas e as principais técnicas para avaliação e controle de perdas nos sistemas de distribuição de água. Os resultados do trabalho mostram que, apesar da farta regulamentação e técnicas de combate, as perdas de água ainda ocorrem. Conclui-se, portanto, que deve haver a intensificação de políticas públicas a fim de evitar o desperdício dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Políticas Públicas, Perdas de água, Preservação, Bacia do Rio São Francisco.

ABSTRACT: The growing demand and consumption of water resources afflicts the contemporary world and imposes that its use in a rational and planned way, starting by minimizing water losses, especially in the municipalities of the São Francisco River Basin that present, in general, high loss rates. This work aims to show how water losses occur as well as the legislation that regulates public policies aimed at combating them. It will use as methodology the bibliographic survey and government databases for the promotion of public policies and the main techniques for the evaluation and control of losses in water distribution systems. The results of the work show that, despite the abundant regulation and techniques of combat, water losses still occur. It is concluded, therefore, that there must be an intensification of public policies in order to avoid wasting water resources.

KEYWORDS: Public Policies, Water Loss, Preservation, São Francisco River Basin.

1 I INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio São Francisco tem grande importância para o desenvolvimento econômico do País, tanto pelo volume de água que transporta, como também pelo potencial hídrico passível de aproveitamento, sendo base para o suprimento de energia elétrica e água para a região Nordeste do país, abrangendo 521 municípios em seis estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás,

além do Distrito Federal. (CBHSF, 2020; ANA, 2020).

O presente artigo trata da discussão acerca das técnicas e políticas públicas de combate ao desperdício e uso desordenado da água, isto porque, em que pese a importância da Bacia do Rio São Francisco, os municípios por ela beneficiados são responsáveis por perdas entre 25% a 60% da água tratada nas redes de distribuição, indicando a necessária implementação de técnicas para evitar o desperdício desse recurso. (REBOUÇAS, 1997, p. 130).

Trata-se, o presente trabalho, de um recorte bibliográfico acerca do conceito, espécie, avaliações e ações de combate às perdas de água em sistemas urbanos de abastecimento de água, e do levantamento da legislação que trata da política nacional de recursos hídricos e saneamento básico.

2 | PERDAS DE ÁGUA – CONCEITO, ESPÉCIES, AVALIAÇÃO E AÇÕES DE COMBATE

As perdas de água nos sistemas de abastecimento correspondem à diferença entre o volume total de água produzido nas estações de tratamento (macromedição) e a soma dos volumes medidos nos hidrômetros instalados nos imóveis dos clientes (micromedição), sendo classificadas em perdas reais e aparentes (SABESP, 2020).

As perdas reais correspondem aos volumes de água não consumidos por serem perdidos através de vazamentos em seu percurso, desde as estações de tratamento de água até os pontos de entrega nos imóveis dos clientes. As perdas aparentes (ou não físicas) correspondem aos volumes de água que são consumidos, mas não são contabilizados pela empresa, principalmente devido às irregularidades (fraudes e ligações clandestinas), e à submedição dos hidrômetros (SABESP, 2020).

Assim, um elevado nível de perdas reais equivale a uma captação superior ao volume demandado, que traz as seguintes consequências: maior custo de insumos químicos, maior manutenção de rede e uso desnecessário da capacidade de produção e distribuição, acarretando maior custo de mitigação das externalidades negativas e um elevado índice de perdas aparentes equivale a perda de faturamento.

O grande desafio é, pois, diagnosticar onde e como essas perdas ocorrem, quantificar as perdas correspondentes a perdas reais e aparentes e elencar as ações necessárias para reduzi-las implementando, posteriormente, as ações necessárias para combatê-las (MELATO, 2010, p. 20).

Em outras palavras: para que se possa implementar uma gestão racional dos recursos hídricos, é de fundamental relevância saber *como são detectadas as perdas de um sistema*, o que se faz por meio de avaliação dessas perdas, e quais *as estratégias e ações que serão utilizadas para combatê-las*, a fim de evitar seu crescimento natural.

Ressalte-se, porém, que não existe um sistema de abastecimento totalmente

estanque, com perda zero, seja em razão de limitações econômicas (limite a partir do qual se gasta mais para reduzir as perdas do que o valor intrínseco do recurso), seja em razão de limitações técnicas (mínimo definido pelo alcance de tecnologias atuais dos materiais).

A avaliação de perdas reais pode ser realizada por alguns métodos, que poderão ser utilizados individualmente ou de maneira conjunta, a critério da equipe técnica e de acordo com cenário a ser estudado. São eles: balanço hídrico ou abordagem *top down*, avaliação de vazão mínima noturna ou método *bottom up*, BABE (*Burst And Background Estimates*).

O balanço hídrico (abordagem *top down*) consiste em um processo gerencial de auditoria da água que permite a identificação do quanto está sendo utilizada, faturada e perdida. Este método parte de uma análise de cima para baixo, ou seja, pelo volume de água que entra no sistema menos o volume de água efetivamente consumido.

Teoricamente, segundo Bezerra e Cheung (2013, p. 31) deve haver equilíbrio entre o volume de água disponibilizado e o volume retirado do sistema, de forma que a contribuição mais relevante na definição das perdas foi a realizada pelos grupos especialistas da IWA (International Water Association), que propuseram um método para classificar, padronizar e uniformizar uma terminologia para o tema, conforme figura 1.

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluir água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimados)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (usos próprios, caminhão pipa etc.)	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndios, favelas etc.)	
	Perda de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (micromedição)	
		Perdas reais	Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos em reservatórios	
			Vazamentos em ramais prediais (a montante do ponto de medição)	

FIGURA 1. Balanço Hídrico proposto pela IWA para sistemas de abastecimento de água

Por meio do método de avaliação de vazão mínima noturna (*bottom up*), faz-se a sua quantificação, assim considerada a vazão que ocorre durante o menor pico de consumo de água, ou seja, entre as 2 e 4 horas da madrugada, como demonstra a figura 2. Considerando-se, pois, que durante este período a maioria da população está dormindo e os reservatórios domiciliares cheios, faz-se a constatação de que as vazões detectadas neste período equivalem, em grande parte, às perdas reais de água.

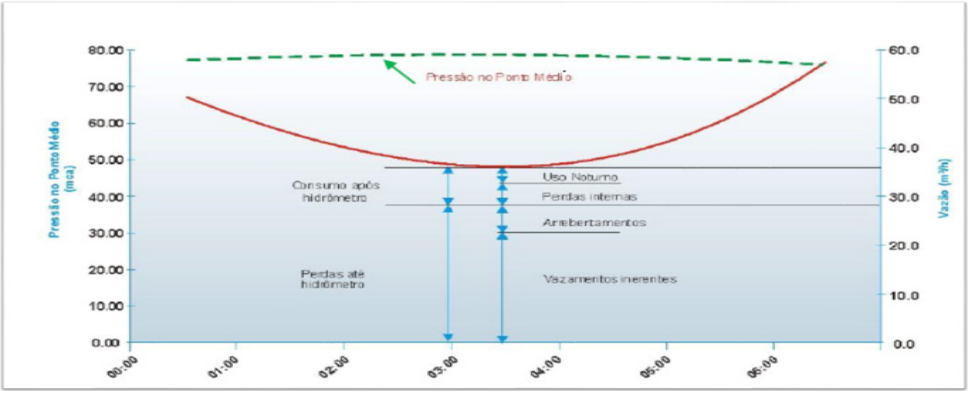


FIGURA 2. Componentes da vazão mínima noturna

O método denominado BABE (*Burst And Background Estimates*) caracteriza-se pela aferição da "estimativa de vazamentos inerentes e arrebentados" e compõe-se pela análise das três formas de vazamentos proposto pela metodologia, quais sejam, vazamentos inerentes (ou não detectáveis), que são os de vazão baixa, mas de fluxo contínuo; vazamentos não visíveis, cuja vazão é moderada e o tempo de reparação depende da política de controle ativo de vazamentos; e vazamentos visíveis, caracterizados pela alta pressão e duração relativamente curta, conforme indicado na figura 3.

Trata-se a referida metodologia de um suplemento muito importante ao método *top down* por fornecer uma estimativa do volume de perdas reais em diferentes elementos da infraestrutura da distribuição e, juntamente com o balanço hídrico, são considerados análises de desktop ao passo que o *bottom up* utiliza ensaios de campos para aferir as perdas (MELATO, 2010, p. 51 e 52).

Feito o diagnóstico por meio dos métodos supracitados, aplicam-se metodologias no sentido de reduzir, controlar e gerenciar as perdas reais, dentre as quais se a proposta pelo Grupo de Trabalho sobre Perdas de Água da IWA, que, em resumo, considera que o volume de perdas reais pode ser significativamente reduzido através da implementação das quatro ações, quais sejam, controle de pressão, velocidade e qualidade dos reparos, controle ativo de reparações e a gestão de infraestrutura.

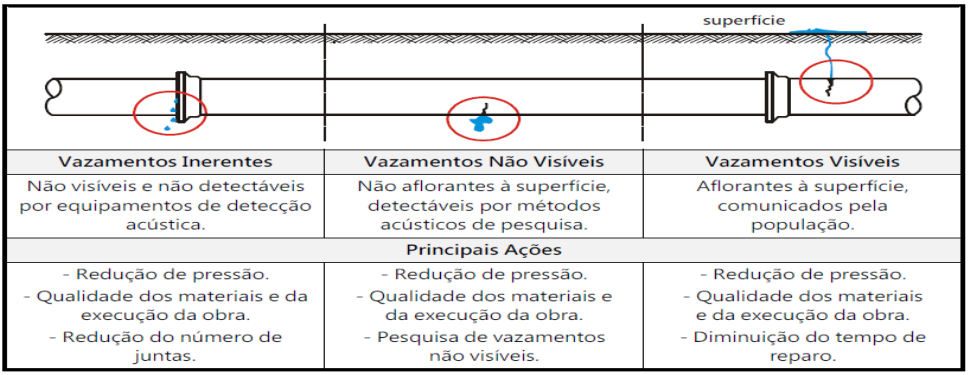


FIGURA 3. Síntese das ações para o controle de perdas reais

Por meio do controle de pressão busca-se manter o sistema com pressões de serviço adequadas, complementado com a utilização de Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) em áreas mais baixas ou *boosters* em pontos mais altos da rede.

Outrossim, o controle ativo de vazamentos é uma estratégia importante no controle de perdas, de natureza contínua, que precede ao monitoramento da rede, permitindo a detecção de ruídos característicos de vazamentos através de aparelhos eletrônicos e acústicos tais como haste de escuta, geofones eletrônicos, correlacionadores de ruídos e dataloggers de ruído. Quanto mais cedo for efetuada a localização do vazamento e seu reparo, menor será o volume perdido. Daí a necessidade de velocidade e qualidade dos reparos no sistema de abastecimento (Tardelli Filho, 2016, p. 10).

Por fim, deve ser feita uma gestão de infraestrutura que se dá por meio do conhecimento das condições das redes de distribuição, tais como idade, materiais, manutenção, instalação e manutenção de equipamentos de controle, de maneira a utilizar essas informações para direcionar os recursos disponíveis para onde houver maior necessidade.

O combate às perdas aparentes, por seu turno, pode ser feito, principalmente, por meio das seguintes ações: substituição periódica dos hidrômetros (preventiva) e imediata dos hidrômetros quebrados (corretiva), combate às fraudes a partir de denúncias, análises de variações atípicas de consumo ou quaisquer outros indícios ou evidências e aprimoramento da gestão comercial das companhias (cadastros e sistemas comerciais).

3 I POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO BÁSICO – COMBATE ÀS PERDAS DE ÁGUA COMO OBJETO DE PROTEÇÃO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

A Organização das Nações Unidas ao criar o “Dia Mundial da Água”, em 1992, arrola entre os princípios o não desperdício dos recursos hídricos, bem como sua análise sobre o prisma de obrigação jurídica que não deve ser ignorada, nem pelo homem, nem pelo

Estado; além disso ao elaborar a Agenda 2030 – plano de ação para as pessoas, para o planeta e humanidade – elenca dentre seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o de nº 6 que trata de assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (ONU, 2015).

No Brasil, a questão ambiental integrou a pauta nacional com a publicação da Lei n.º 6.963/81 que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), que dentre suas diretrizes prevê a *racionalização do uso da água*, a *compatibilização do desenvolvimento econômico social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico*, ou seja, com uma década de antecedência já havia, no país, legislação nos moldes da recomendação da ONU.

Com o mesmo espírito, a Constituinte de 1988 reservou um capítulo à preservação do meio ambiente, trazendo em seu artigo 225, norma fundamental e dotada de caráter principiológico, impondo incumbências, tanto ao Poder Público (parágrafo 1º do artigo 225), quanto aos particulares (parágrafo 2º do artigo 225).

Além disso, no que tange aos recursos hídricos propriamente ditos, a Carta de 1988 extinguiu seu domínio privado previsto no Código das Águas (Decreto n.º 24.643/34), ao determinar que todos os corpos d´água são de domínio público e conceber os rios a partir do conceito de bacia hidrográfica, de modo a permitir uma gestão racional e integrada dos mencionados recursos.

No entanto, muito embora a Constituição Federal trouxesse a determinação de que fosse política tendente a preservar a água (inciso XIX do artigo 21), o marco da proteção hidrológica pátria surgiu somente no ano 1997, com a Lei n.º 9.433/97 que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH).

A denominada Lei das Águas normatizou sua utilização, com vistas à preservação e à disponibilidade, de forma a provocar uma mudança no paradigma do gerenciamento desse recurso, até então regulado somente pelo Código das Águas, cuja preocupação restringia-se, apenas, ao aproveitamento industrial e exploração de energia hidrelétrica.

Trata-se, pois, a mencionada Lei das Águas, da peça jurídica mais importante do arcabouço legal pátrio referente aos recursos hídricos, na medida em que proporciona à sociedade a organização e o gerenciamento desses recursos de forma racional e sustentável. Sendo assim, por se tratar de um tema de suma relevância para o ser humano, configura-se como dotada de grande importância estratégica.

E não é só. No ano de 2011, a fim de regulamentar o inciso XX do artigo 21 da Constituição Federal, foi promulgada a Lei n.º 11.445/07, também conhecida como marco regulatório do saneamento, a qual trata das diretrizes nacionais para o saneamento básico que, dentre seus componentes, encontram-se os serviços de abastecimento de água.

Dessa forma, os instrumentos legais acima expostos possuem grande interface e se relacionam intimamente, pois, além de ambos tratarem da questão ambiental como um todo, tratam, cada um com seu viés, da questão hídrica e orientam o Poder Executivo no

implemento de políticas públicas tendentes à preservação da água.

Ressalte-se que a Lei n.º 14.026/2020 dentre seus princípios fundamentais norteadores da prestação dos serviços de saneamento, traz, além da questão da universalização de acesso a tais serviços, a redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada e o estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários.

O cenário brasileiro de perdas de água é bastante crítico e apresentou no ano de 2018, a perda média nacional de 38,3%, ou seja, não houve utilização por parte de seus consumidores, tendo sido extraviada por vazamentos, falhas nos sistemas de medição ou ligações clandestinas, demonstrando a necessidade de coibir tais práticas ilegais para diminuir os índices apresentados para valores abaixo de 31%, meta do Plano Nacional de Saneamento. (SNIS, 2018).

Além disso, ainda que o percentual de 38,3% fosse um número real, o que se cogita apenas para fins de argumentação, este é uma média dos índices nacionais, o que significa dizer que contempla índices que variam de 10% no Município de Limeira/SP a 72%, referente à cidade de Manaus/AM (SNIS, 2018), e dentre as principais causas de perdas de água estão os vazamentos, fraudes e erros de leitura de hidrômetro.

Assim, reduzir as perdas no sistema de abastecimento é um desafio do setor, na medida em que podem acarretar externalidades em nível ambiental, gerando a necessidade de tirar mais água para cobrir o desperdício; social, na medida em que a escassez diminui a pressão da rede e afeta a população periférica; e econômica, haja vista que água não faturada representa perda de receita.

As taxas de perdas de água na Bacia do Rio São Francisco são altas. Por exemplo, nos municípios de Pão de Açúcar/AL, Balsas/MA e Capela/SE esta corresponde a 62,25%, 62,74% e 51,23%, respectivamente (SNIS, 2018), o que evidencia a ausência de implementação de políticas tal como determinado por organismos internacionais e pelo arcabouço legal brasileiro. Referidas perdas ocorrem durante todos os processos operacionais do sistema de abastecimento de água e seriam suficientes para abastecer 30% da população brasileira por um ano, dado constatado pelo Instituto Trata Brasil. (CHBRSF, 2019).

O combate às perdas na Bacia do Rio São Francisco também deve ser fomentado em razão do projeto de integração deste com as bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional, cujo objetivo é atender à demanda hídrica da população da região, que receberá parte da água do Velho Chico, qual sejam assegurar oferta de água em 2025 a cerca de 12 milhões de habitantes da região semiárida dos Estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (IPEA, 2011).

Assim sendo, como preceito essencial para assegurar a justiça nesse empreendimento é que os recursos hídricos da região de origem devem ser suficientes para satisfazer a demanda da transferência sem acarretar impedimento ao desenvolvimento futuro dessa

região. Isso significa que, quanto menor a exploração das águas da bacia, maior o potencial hídrico para a implementação do projeto de integração da bacia hidrográfica.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os dados relativos às perdas de água no Brasil, percebe-se que os índices nacionais, em geral, sobretudo na Região Nordeste, estão muito aquém de serem considerados satisfatórios. De acordo com o exposto neste trabalho, considera-se que as políticas públicas para o uso racional da água devem ser intensificadas, assim como as principais técnicas e metodologias que visam avaliar e controlar as perdas, de maneira a preservar a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência nacional de águas. Sala da situação. Disponível em: https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-saiba-mais. Acesso em 09 de novembro de 2020.

BEZERRA, S. T. M., CHEUNG, P. B. **Perdas de água – Tecnologias de controle. João Pessoa**, Editora da UFPB, 2013.

CBHSF. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **A Bacia**. Disponível em https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/. Acesso em 20 de mar. 2020.

CBHSF. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Perdas de Água potável seriam suficientes para abastecer 30% da população brasileira por um ano.** Disponível em https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/noticias/perdas-de-agua-potavel-seriam-suficientes-para-abastecer-30-da-populacao-brasileira-por-um-ano/ Acesso em 20 de mar. 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto**. Castro, C. N. , 2011, p. 16, 2011, disponível em https://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_1577.pdf. Acesso em 21/03/2020.

MELATO, D. S. **Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo**. Escola Politécnica da USP. Dissertação de Mestrado, 2010.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/. Acesso em 20 de mar. 2020.

REBOUÇAS, A. C. **Água na região nordeste: desperdício e escassez**. Revista USP.1997. Estudos Avançados 11 (29), abril 1997.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Controle de perdas**. Disponível em http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=37. Acesso em 20 de mar. 2020.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**, p. 82. Disponível em http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf. Acesso em 20 de mar. 2020.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série Histórica**. Disponível em http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#. Acesso em 20 de mar. 2020.

TARDELLI FILHO, J. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água**, 2016. Revista DAE, jan-abril 2016.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES RELATIVAS AS DISCIPLINAS DE CADASTRO NAS ENGENHARIAS DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 27/05/2021

Cesar Rogério Cabral
Instituto Federal de Santa Catarina
Curso Técnico em Agrimensura
Florianópolis – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/5017586133450806

Everton da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Geociências
Florianópolis – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/7515400235413198

Markus Hasenack
Instituto Federal de Santa Catarina
Curso Técnico em Agrimensura
Florianópolis – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/4175654545239374

RESUMO: O ensino de engenharia de agrimensura e cartografia é realizado no Brasil em 22 cursos em onze estados, com uma grande concentração na região sudeste. Os projetos pedagógicos destes cursos elaborados seguindo as diretrizes do Ministério da Educação foram analisados e os resultados estão apresentados neste trabalho. Em todos os projetos dos cursos é oferecida uma disciplina com a denominação de cadastro, ministrada em geral a partir do sexto semestre com carga horária inferior a oitenta horas. As ementas das disciplinas revelam que o cadastro temático fiscal é uma predominância, pois é aquele mais utilizado nas prefeituras brasileiras, sendo também bastante abordado o cadastro denominado rural com normas específicas elaboradas pelo INCRA. A bibliografia básica das disciplinas de cadastro aponta para uma bibliografia específica escassa principalmente para livros. Espera-se que com a abordagem do cadastro na formação dos engenheiros possamos avançar para efetivamente implantá-lo em todo o território brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Cadastro, disciplina, engenharia de agrimensura e cartográfica.

CONSIDERATIONS REGARDING CADASTRE DISCIPLINES IN THE SURVEYING AND CARTOGRAPHY ENGINEERING

ABSTRACT: The teaching of surveying and cartography engineering is carried out in Brazil in 22 courses in eleven states, with a great concentration in the southeast region. The pedagogical projects of these courses elaborated following the guidelines of the Ministry of Education, were analyzed and the results are presented in this work. In all the projects of the courses a discipline with the denomination of cadastre is offered, generally given from the sixth semester with a workload of less than eighty hours. The subjects' accounts show that the fiscal thematic cadastre is predominance, since it is the one most used in Brazilian municipalities, being also very approached the cadastre called rural with specific norms elaborated by INCRA. The basic bibliography of the registration disciplines points to a specific bibliography scarce mainly for books. It is hoped that with the approach of

the cadastre in the training of the engineers we can move forward to effectively implant it throughout the Brazilian territory.
KEYWORDS: Cadastre, disciplines, surveying and cartography engineering.

1 I INTRODUÇÃO

Em grande parte do mundo o Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) é estruturado pelo Estado como uma instituição jurídica administrativa que tem como objetivos registrar de maneira sistemática os bens imóveis de uma região, contemplando seus três aspectos fundamentais: jurídico, econômico e geométrico. As visões que consideram somente aspectos parciais dos problemas territoriais não conseguem entender a importância do Cadastro na segurança dos limites entre propriedades particulares ou governamentais dando garantias reais ao processo jurídico.

Levantamentos para fins de agrimensura (legais) são realizados diariamente, porém não existe procedimento padrão, uma norma técnica ou legislação que defina os procedimentos para que possa gerar uma cartografia sistemática consistente. A alegação de que um cadastro tem custo elevado dá-se pelo entendimento que ele deve ser feito de uma só vez, em uma extensa área e em curto período.

A Agrimensura, o Cadastro e o RI segundo Cabral (2017) foram concebidos para resolver os problemas de domínio da propriedade, garantir os direitos relativos a ela, dar total confiabilidade as medições dos limites, sendo que a qualquer tempo, sob qualquer situação, poderemos restituir estes limites com total segurança. Com os dados confiados ao Registro e ao Cadastro, não deveríamos ter dúvidas em relação ao registrado.

Quando se pensa em um levantamento que tenha como propósito o cadastro, este deve ser realizado de tal forma que estejam garantidos os resultados das medições, portanto baseados numa rede única, com métodos de levantamentos definidos e com precisões estabelecidas.

Para Hasenack (2013) no que se refere ao ensino da cartografia cadastral nas instituições de formação profissional e de pesquisa, o que se observa é que nos cursos de agrimensura e cartografia, se não há uma disciplina chamada cadastro, ao menos em alguma parte dos cursos, ensina-se um tópico chamado cartografia cadastral, o qual segue o modelo adotado na maioria das prefeituras brasileiras, instituído na década de 70 (setenta), onde o final da aplicação da cartografia cadastral está relacionado com uma planta de quadra e um BIC (Boletim de Informações Cadastrais) caracterizando o propósito eminentemente fiscal.

Conclui-se, portanto, que o Cadastro Técnico Multifinalitário no Brasil, assim como a sua integração com os títulos de propriedade, deve passar por um processo de renovação radical e os conceitos de agrimensura e cadastro devem ser aprofundados nas instituições de ensino que formam a mão-de-obra que atua nesta área.

2 | OS CURSOS DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRAFIA

Segundo o Ministério da Educação MEC (2010),

> O Bacharel em Engenharia Cartógrafica e de Agrimensura ou Engenheiro Cartográfico e Agrimensor atua na resolução de problemas relacionados com ordenamento territorial, mapeamento e emprego de dados e informações espaciais. Em sua atividade, planeja, coordena e executa levantamentos topográficos, geodésicos, fotogramétricos, gravimétricos e batimétricos, gerando documentos como mapas, cartas, coordenadas, mosaicos, modelos de análise espacial – analógicos ou digitais. Desempenha atividades de aquisição e distribuição de material técnico cartográfico, geodésico, fotogramétrico e de sensoriamento remoto. Aplica conhecimentos de posicionamento, ajustamento de observações e comunicação cartográfica. Elabora projetos geométricos e levantamentos para a locação de obras de engenharia, tais como estradas, portos, aeroportos, dutos, loteamentos e assentamentos rurais e urbanos. **Subsidia a elaboração de Cadastro Técnico Multifinalitário** (grifo nosso). Coordena e supervisiona equipes de trabalho; realiza pesquisa científica e tecnológica e estudos de viabilidade técnico-econômica; executa e fiscaliza obras e serviços técnicos; efetua vistorias, perícias e avaliações, emitindo laudos e pareceres. Em suas atividades, considera a ética, a segurança e os impactos socioambientais.

A tabela 1 apresenta as instituições que oferecem o curso de graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica e que foram o objeto de análise.

N°	Instituição/ curso	Estado	Ano	Ano PPC
1	Universidade Federal de Alagoas Engenharia de Agrimensura	AL	1999	2013
2	Escola de Engenharia de Agrimensura Engenharia de Agrimensura	BA	1974	
3	Universidade Federal da Bahia Engenharia Cartográfica e de Agrimensura	BA	2010	2010
4	Instituto Federal de Goiás Engenharia Cartográfica e de Agrimensura	GO	2015	2015
5	Faculdade de Engenharia de Minas Gerais Engenharia de Agrimensura	MG	1968	2011
6	Universidade Federal de Viçosa Engenharia de Agrimensura e Cartográfica	MG	1976	2013
7	Universidade Federal de Uberlândia Engenharia de Agrimensura e Cartográfica	MG	2010	2010
8	Instituto Federal do Sul de Minas Gerais Engenharia de Agrimensura e Cartográfica	MG	2011	2015
9	Faculdade FINOM Engenharia de Agrimensura e Cartográfica	MG	2014	2014
10	Universidade Federal Rural da Amazônia Engenharia Cartográfica e de Agrimensura	PA	2013	2013
11	Universidade Federal de Pernambuco Engenharia Cartográfica e de Agrimensura	PE	1970	2016

12	Universidade Federal do Piauí Engenharia Cartográfica e de Agrimensura	PI	1975	2014
13	Universidade Federal do Paraná Engenharia Cartográfica e de Agrimensura	PR	1977	2017
14	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Engenharia de Agrimensura e Cartográfica	RJ	1999	2011
15	Instituto Militar de Engenharia Engenharia Cartográfica	RJ	1980	2007
16	Universidade Estadual do Rio de Janeiro Engenharia Cartográfica	RJ	1965	2004
17	Universidade do Vale do Rio dos Sinos Engenharia Cartográfica e de Agrimensura	RS	2010	2010
18	Universidade Federal do Rio Grande do Sul Engenharia Cartográfica	RS	1998	2014
19	Universidade Federal do Pampa Engenharia de Agrimensura	RS	2010	2016
20	Universidade Do Extremo Sul Catarinense Engenharia de Agrimensura	SC	1975	2014
21	Faculdade de Engenharia e Agrimensura de Pirassununga	SP	1972	2016
22	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Engenharia Cartográfica e de Agrimensura	SP	1977	2017

Tabela 1- Instituições de ensino com oferta de engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Os cursos de engenharia de agrimensura e cartográfica são oferecidos em 11 estados brasileiros, são 22 cursos em atividade apenas um está situado na região Norte, 5 na região Sul, um no Centro Oeste, 5 no Nordeste e 10 na região Sudeste. Também é importante destacar a atualidade dos Projetos Pedagógicos encontrados, a maioria com menos de cinco anos.

2.1 Disciplinas de cadastro nos projetos de curso

Os projetos de cursos devem segundo o MEC (2010), devem abordar os seguintes temas na formação do agrimensor: Topografia; Cartografia; Geodésia; Batimetria; Fotogrametria; Sensoriamento Remoto; Sistema de Informação Geográfica; Ajustamento de Observações; Estatística; **Cadastro Técnico Multifinalitário** (grifo nosso); Astronomia; Posicionamento e Levantamentos; Modelagem Digital de Terreno; Análise Espacial; Geoprocessamento; Direito Agrário e Legislação de Terras; Agrimensura Legal; Estradas; Parcelamento de Solo Urbano e Rural; Loteamento; Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Ambiental; Transporte e Logística; Matemática; Física; Química; Ética e Meio Ambiente; Ergonomia e Segurança do Trabalho; Relações Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Todos os cursos das instituições da tabela 1 oferecem em seu currículo uma disciplina com o nome de Cadastro apresentada na tabela 2, com o semestre de oferta e a respectiva carga horária.

N°	Instituição	Disciplina	Semestre	Carga Horária
1	UFAL	Cadastro Técnico	8	80
2	EEA			
3	UFBA	Cadastro Territorial	10	68
		Laboratório Integrado Cadastro Territorial	11	68
4	IFGO	Cadastro Técnico Multifinalitário I	8	54
		Cadastro Técnico Multifinalitário II	9	27
5	FEAMIG	Cadastro Técnico Multifinalitário	5	60
6	UFV	Cadastro Técnico Multifinalitário	8	60
7	UFU	Cadastro Técnico Multifinalitário	8	60
8	IFSMG	Cadastro Técnico Multifinalitário	9	80
9	FINOM	Cadastro Técnico Multifinalitário	9	60
10	UFRA	Cadastro Técnico Multifinalitário	7	68
11	UFPE	Cadastro Territorial 1	7	60
		Cadastro Territorial 2	8	60
12	UFPI	Cadastro Territorial	8	60
13	UFPR	Cadastro Técnico	9	45
14	UFRRJ	Cadastro Técnico Municipal	9	60
15	IME	Cadastro	10	60
16	UERJ	Levantamentos Cadastrais	9	45
		Cadastro Multiuso	10	45
17	UNISINOS	Loteamento e Cadastro Técnico Municipal	5	60
		Cadastro Técnico Multifinalitário	6	60
18	UFRGS	Cadastro Técnico	9	60
19	UNIPAMPA	Cadastro Técnico Multifinalitário	8	60
20	UNESC	Cadastro Técnico Municipal	8	72
21	FEAP	Cadastro Técnico Multifinalitário	8	60
22	UNESP	Cadastro Técnico Multifinalitário	5	60

Tabela 2- Denominação e carga horária da disciplina de Cadastro

Há uma predominância da denominação da disciplina com o nome de Cadastro Técnico Multifinalitário em 11 instituições, Cadastro Técnico 3, Cadastro Técnico Municipal 3 e Cadastro Territorial 3 instituições todas do Nordeste.

Em relação às cargas horárias os cursos reservam menos de 80 horas para a apresentação de todos os elementos envolvidos em um Cadastro, somente as Universidades UFBA (176), UFPE (120), UNISINOS (120) e UERJ (90h) apresentam carga horárias superiores.

A tabela 3 apresenta as ementas das disciplinas a partir dos Projetos Pedagógicos dos cursos ou do ementário da disciplina.

N°	Instituição	Ementa da Disciplina
1	UFAL	Fundamentos de cadastro técnico – normas. Sistema de Informações Territoriais-SIT. Cadastro multifinalitário e gestão das informações. Estrutura municipal. Aplicação de Sistemas de Informações Geográficas-SIG no cadastro urbano. Cadastro fiscal – cadastro legal. Planta de valores. Codificação de logradouros. Código tributário – IPTU, ISS e taxas de serviços públicos. Técnicas de implantação e organização de cadastro urbano – codificação de quadras e lotes. Procedimentos para cadastramento de imóveis. Organização de banco de dados.
2	EEA	
3	UFBA	Conceito e histórico. Princípios dos principais sistemas cadastrais em outros países. Cadastros e Sistemas Cadastrais, Modelos Teóricos do Cadastro, Estrutura fundiária do Brasil. Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis. Cadastro e Avaliação Imobiliária. Legislação cadastral rural. Problemas na demarcação de limites. Técnicas e métodos de levantamentos cadastrais. A cartografia urbana. O cadastro Multifinalitário e suas aplicações. Sistemas de informações geográficas (SIG) aplicado ao cadastro. O espaço urbano: aspectos da urbanização brasileira. A dinâmica do espaço urbano e o planejamento estratégico. Metodologia do planejamento urbano. Elementos do Plano Diretor. Política imobiliária e fundiária e de uso do solo
		Desenvolvimento de projetos de Engenharia utilizando técnicas e ferramentas específicas de Cadastro. Estruturação de um projeto cadastral
4	IFGO	Introdução: histórico, conceitos e objetivos; Legislação e Normalização aplicada ao Cadastro Técnico Urbano; A Rede de Referência Cadastral Municipal; Sistemas Cadastrais;Introdução aos Métodos de Avaliação de Imóveis Urbanos; Tabela de Valores Genéricos e Tributos; O Boletim de Informações Cadastrais (BIC); Planejamento e Execução e Controle de Qualidade do Levantamento Cadastral; Modelagem e Execução do Banco de Dados Cadastral; Prática de Levantamento Cadastral; Elaboração de um Sistema de Informações Territoriais.
		Introdução ao Cadastro Técnico Rural: histórico, conceitos e legislação relacionada; O Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (Lei nº 10.267/01); Normas e Resoluções Associadas ao Cadastro Técnico Rural; A Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais; Identificação e Materialização de Limites e Confrontações; Métodos de Posicionamento Topográfico/Geodésico;Controle de Qualidade; Preparação da Documentação; Prática de Georreferenciamento.Cadastro Ambiental Rural.
5	FEAMIG	Estrutura e arquitetura do Cadastro Técnico Municipal (CTM), sistema de informação geográfica (SIG) e suporte tecnológico na elaboração de armazenamento de grandes volumes de informações cadastrais e georreferenciadas dos mais variados tipos e formas e sua recuperação em tempo aceitável. Estudos de caso e aplicações no meio urbano
6	UFV	O cadastro territorial e o cadastro técnico multifinalitário. Cadastro técnico municipal. Cadastro técnico rural. Técnicas de mapeamento. Cadastro imobiliário . Levantamento de dados cadastrais. Avaliação de imóveis urbanos. Tabela ou planta de valores genéricos. Tributação municipal. Sistema público de registro de terras e o georreferenciamento de imóveis rurais.
7	UFU	Cadastro Técnico Municipal. Cadastro Técnico Rural. Técnicas de Mapeamento. Cadastro Imobiliário. Origem do Cadastro. Avaliação de Imóveis Urbanos e Rurais generalidades. Tabela ou planta de valores genéricos. Tributação municipal. Multifinalidades do Cadastro. Boletins de Cadastro Imobiliário. Sistema de Codificação dos Imóveis. Levantamento de Dados Cadastrais. Normas Técnicas relacionadas ao Cadastro Técnico. Bancos de Dados Geográficos direcionados ao Cadastro

8	IFSMG	Elementos do cadastro imobiliário. Avaliação de imóveis urbanos - generalidades. Tabela ou planta de valores genéricos. Tributação municipal. Métodos de levantamento cadastral municipal. Cadastro técnico urbano e rural. Levantamento de dados cadastrais. Aplicação de normas técnicas para levantamentos cadastrais. Sistemas de projeção para cadastro. Coleta de informações para BCI – Boletim de Cadastro Imobiliário. Bancos de dados geográficos direcionado ao cadastro técnico urbano
9	FINOM	
10	UFRA	
11	UFPE	Cadastros e sistemas cadastrais; modelos teóricos de cadastro; cadastro internacional; cadastro no Brasil; Cadastro Imobiliário e registro de imóveis. Cadastro e avaliação imobiliária
		Elementos do cadastro imobiliário; Métodos de levantamento cadastral; Levantamento de imóveis urbanos e rurais; Aplicação de normas técnicas para levantamentos cadastrais; Sistemas de projeção para o cadastro; Cartografia Cadastral.
12	UFPI	Conceito e histórico. Cadastro e suas variações. Cadastro imobiliário e registro de imóveis . Cadastro e avaliação imobiliária. Legislação cadastral urbana e rural. Tributos: espécies e classificações. Tributos de competência do município. A cartografia urbana. Problemas na demarcação de limites. Técnicas e métodos de levantamentos cadastrais. O cadastro técnico multifinalitário e suas aplicações. Metodologia do cadastramento. Elaboração e aplicação do boletim de informações cadastrais -BIC. Implantação, atualização e manutenção do cadastro. Sistemas de informações geográficas aplicado ao cadastro
13	UFPR	Conceito e Histórico do Cadastro . Estrutura Fundiária do Brasil. Legislação Cadastral Urbano e Rural. Técnicas e Métodos de Levantamentos Cadastrais. Cadastro Técnico Multifinalitário e Aplicações. Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicado ao Cadastro Técnico
14	UFRRJ	Rede de referência cadastral municipal; Levantamento topográfico cadastral; Cadastro de loteamentos, desmembramentos, logradouros e serviços públicos; Base cartográfica municipal; Cadastro técnico imobiliário; Planta genérica de valores; Banco de dados dos BCIs. Sistema de Informação Geográfica – Cadastral
15	IME	Introdução ao Cadastro, Cadastro Técnico Rural, Urbano e Planejamento Cadastral, Cadastro Sócio Economico e Administrativo Judicial, Cadastro Técnico Municipal, Normas para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, Normas Técnicas para o Cadastramento de Áreas Patrimoniais.
16	UERJ	Cadastro: Histórico; Classificação e definições. Cadastro Urbano/Rural: Planejamento; Vôo fotogramétrico; Apoio básico; Apoio suplementar; Reambulação; Restituição; Gravação; Impressão; Relatório final. Cadastro Fiscal: Histórico; Finalidade; Componentes de um Cadastro Fiscal. Cadastro Técnico: Histórico; Finalidade; Componentes de um Cadastro Técnico. Cadastro para desapropriação: Generalidades; Objetivos; Planejamento; Vôo fotogramétrico; Apoio básico; Apoio suplementar; Reambulação; Restituição; Desenho/Gravação; Memorial Descritivo; Relatório Final. Cadastro Florestal: Generalidades; Finalidades; Métodos utilizados.

		Levantamentos Cadastrais - Noções Gerais: Conceitos de levantamentos temáticos geo-ambientais e infra-estruturais. Uso de Informações: Abordagem sobre o uso de informações na administração regional, estadual, municipal e setorial; Abordagem sobre o uso de informações na prestação dos serviços essenciais. A Base Cartográfica como Base de Dados: A importância da base cartográfica nos levantamentos cadastrais; O Georreferenciamento. Banco de Dados: Noções de Banco de Dados, com ênfase em: - a base de dados gráficos, - os bancos de dados específicos gráficos e tabulares. Aquisição e Conversão de Dados: Aquisição de dados gráficos na montagem da base; Digitalização de dados existentes; Conversão de Dados (modos Raster e Vector). Manutenção da Base de dados: Manutenção da base cartográfica, quanto responsabilidades e forma de atualização. Sistemas de Informações Geográficas: Conceitos de topologia e atributo; Conceitos de Sistemas de Informações Geográficas - SIG, em ambientes de Geoprocessamento. O Cadastro Multiuso e a Integração: A importância da filosofia da integração intersetorial, na adoção do Cadastro Multiuso.
17	UNISINOS	Parcelamento territorial urbano e rural; O Cadastro como Base. Desmembramentos. Amembramento. Contrato de compra e venda. Escritura de posse. Escritura pública. Desapropriação. Loteamento. Condomínio. Parcela. Retificação de imóveis. Legislação vigente. Legislação Federal.
		O cadastro Multifinalitário e suas aplicações. Sistemas de informações Geográficas (SIG) aplicado ao cadastro. O espaço urbano: aspectos da urbanização brasileira. A dinâmica do espaço urbano e o planejamento estratégico. Metodologia do planejamento urbano. Elementos do Plano Diretor. Política imobiliária e fundiária e de uso do solo.
18	UFRGS	A Terra: conceitos. Direito sobre a Terra: conceitos. O Cadastro. Problemas na demarcação de limites. Levantamentos cadastrais. Redes de Referência Cadastral Municipal. Planta de Valores Genéricos. Sistemas Cadastrais. Especificações cadastrais, prática de levantamento cadastral no campo.
19	UNIPAMPA	O cadastro territorial e o cadastro técnico multifinalitário. Cadastro técnico municipal. Técnicas de mapeamento. Cadastro imobiliário. Levantamento de dados cadastrais. Avaliação e perícia de imóveis urbanos. Tabela ou planta de valores genéricos. Tributação municipal
20	UNESC	Introdução. O Sistema de Segurança da Propriedade e a Legislação Brasileira. O Levantamento Cadastral de Imóveis. O Cadastro Territorial Multifinalitário. Sistemas de Informações Territoriais.
21	FEAP	
22	UNESP	Histórico. Conceitos. Legislação Territorial Aplicada ao Cadastro. Cartografia Cadastral. Cadastro Rural. Cadastro Urbano. Cadastro e Gestão Territorial.

Tabela 3- Ementas das disciplinas de Cadastro

Considerando o conceito da portaria 511 de 2009 do Ministério das Cidades que em seu artigo 1° define Cadastro Técnico Multifinalitário como sendo o inventário territorial oficial e sistemático do município e será embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca. sendo este mesmo conceito adotado em países com tradição em cadastro.

Também a mesma portaria define em seu artigo 5° Parágrafo 2° considera-se como cadastros temáticos, os cadastros fiscal, de logradouros, de edificações, de infraestrutura, ambiental, socioeconômico, entre outros.

Com base nas ementas das disciplinas onde são apresentados os temas mais gerais a serem ministrados, nota-se uma predominância no cadastro temático fiscal

incluindo temas como BCI, avaliação de imóveis, banco de dados, sistemas de informação referentes a este tema.

Sendo o cadastro fiscal o mais comum em nossas Prefeituras as ementas estão em acordo com o mercado de trabalho dos futuros engenheiros, porém deve-se ressaltar que, a ênfase não é o Cadastro Técnico Multifinalitário definido na portaria 511.

Dois pontos a serem destacados, o primeiro é o tema Cadastro Rural que possui legislação e normas específicas e felizmente está sendo implantado, aparece em 11 cursos como parte da disciplina de cadastro. E o segundo tema é Rede de Referência Cadastral, a base de qualquer CTM, aparece nas ementas apenas três vezes.

2.2 Bibliografia básica

A bibliografia básica é aquela descrita nos projetos dos cursos e ementários das disciplinas e deve ser atualizada, adequada e relevante no mundo acadêmico e profissional, deve estar também em quantidade física suficiente ou disponibilizada em meio eletrônico. Neste artigo somente a bibliografia básica foi analisada embora algumas destas referências levantadas constem como referência complementar em vários cursos.

A tabela 4 apresenta a bibliografia básica dos projetos dos cursos, indicando em quais instituições ela é recomendada.

N°	Referência Bibliográfica	Instituição
1	ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NRB 13.133/94:** Execução de Levantamento Topográfico: Procedimento. Rio de Janeiro, mai. 1994.	IFG
2	ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 14.166/98**: Rede de Referência Cadastral Municipal: Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.	IFG, UFPR, UFRRJ
3	ANTUNES, A.F.A. Fundamentos em Cadastro Técnico Urbano e Rural . Apostila. CIEG.UFPR. 2005	UFPR
4	ANGELOTTI, E. S. **Banco de Dados.** Curitiba: Editora do Livro Técnico, 2010.	IFG
5	ANDRADE, Manuel Correia de. Espaço, polarização e desenvolvimento: a teoria dos pólos de desenvolvimento e a realidade nordestina . 4ed. São Paulo: Brasiliense, 1977. 135p.	UFPI
6	AUGUSTO, E. A. A. *Registro de imóveis, retificação de registro e georreferenciamento:*Fundamento **e Prática. Editora** Saraiva, 2013	UNESP
7	BRASIL. Leinº 10.267, de 26 de agosto de 2001. dezembro de 1996, e dá outras providências. **Planalto – Casa Civil**, Brasília, ago. 2001	IFG, UFRRJ
8	BRASIL. Decreto n.4.449, de 30 de outubro de 2002. Regulamenta a Lei n° 10.267, de 28 de agosto de 2001 e dá outras providências	UFRRJ
9	CARNEIRO, A. F. T. Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis: a lei n. 10.267/2001 e o decreto 4.449/2002 e atos normativos do INCRA. Porto Alegre: Editora IRIB, 2003.	UNISINOS UFV, UFPE, UFU, IFG, UFPR, UFRGS, UFRRJ, UFAL,

10	CESARE, C.M. (org). Questões Cadastrais: Discussão, Análise e Identificação de Soluções para Problemas e Casos Práticos. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.	UFPE
11	COBRAC -Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário–ANAIS -1994, 1996. UFSC. Florianópolis. SC.	UFRRJ
12	COBRAC -Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário–CD ROM -1998, 2000 e 2002. UFSC. Florianópolis. SC.	UFRRJ
13	CUNHA, E.M.P.,Erba,D.A.(org). Diretrizes para a Criação Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos Municípios Brasileiro s. Brasília: Ministério das Cidades, 2010. ISNBN 97885	IFSULMG, UFPE
14	DALE, P. F.; McLAUGHLIN, J. D. *Land information management*. New York: Oxford University Press., 1990. 266p.	UNESP
15	DANTAS, R. A. Engenharia de avaliações -uma introdução à metodologia científica. São Paulo: Pini, 1998.	UFU
16	DUARTE, Paulo Araújo. Fundamentos de cartografia. 2. ed. rev. e amp. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002. 208p.	UNESC
17	ERBA, D.A., et al. Cadastro Multifinalitário como Instrumento de Política Fiscal e Urbana -. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 144 p.	UFV, UFPE, UNISINOS, UNIPAMPA, UFPI, UFPR
18	FERRARI, Celson. Curso de planejamento municipal integrado: urbanismo . 2ed. São Paulo: Pioneira, 1979. 631p.	UFPI
19	FILKER, José. Manual de avaliação e perícias em Imóveis Urbanos : de acordo com a nova norma NBR 14653-2. 3 **São Paulo: PINI, 2008.**	IFSULMG
20	GALHARDO, João Baptista. O Registro do Parcelamento do Solo para fins urbanos. Instituto de Registro Imobiliário Do Brasil, 2004.	UFRGS
21	GOSSET, F.R. - Manual of Geodetic Triangulation - US Departament of Commerce - Coast and Geodetic Survey - Special Publication nº 247.	UERJ
22	GRIPP JR, J. & CARVALHO, A.W.B. Cadastro Técnico Municipal. (Notas de Aula) - UFV, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG. 2003.	UFV, UFU
23	HOCHHEIM, Norberto. Cadastro Técnico Urbano . Apostila de disciplina. UFSC. Florianópolis. SC. 2003	UFRRJ
24	HOSMER, George L. - Geodesy - Second Edition - John Wiley & Sons, Inc - New York.	UERJ
25	INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Manual Técnico de Posicionamento: georreferenciamento de imóveis rurais**.** 1. ed. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário,	IFG
26	INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Urbanos. 3. ed. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2013.	IFG
27	LARSSON, G. Land registration and cadastral systems: Tools for land information and management. Edinbourg Gate . England, 1991.	UFAL
28	LIPORONI, A. S. *Instrumentos para gestão tributária de cidades***.** São Paulo: Liv. e Ed.Universitária de Direito, 2003.	UNESP
29	LOCH, Carlos. Monitoramento Global Integrado de propriedades Rurais.Florianópolis: Ed. UFSC, 1990. 136 p.	UNESC
30	LOCH, C. & ERBA, D.A. Cadastro Técnico Multifinalitário - Rural e Urbano. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007. 142 p	UNISINOS, IFSULMG, UFV, UFU, UNIPAMPA

31	LOCH, C. et al., Cadastro Multifinalitário como Instrumento de Política Fiscal e Urbana - Cap. Cadastro Técnico Multifinalitário, Instrumento de Política Fiscal e Urbana. Rio de Janeiro - RJ. 2005.144	UFV
32	Mc CORMAC, J. Topografia. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC., 2007. 391 p.	UNIPAMPA
33	MOLINA, A. M. G. *Catastro inmobiliário*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia.Valencia, 2005.	UNESP
34	MOLINA , M.G.A. Catastro, Propiedad y Prosperidad **. Jaén:** Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén. 2007.ISBN 978	UFPE
35	PAREDES, Evaristo Alêncio. Sistema de Informação Geográfica. São Paulo: Ed.Érica, 1994. 675 p.	UFPE, UNESC
36	RODRIGUES, D. L. J. *Registro de imóveis:* Doutrina, Legislação e Jurisprudência. Leud, 2002.160p.	UNESP
37	ROSSI, L. C.; BARROS, L.; MAZINA, M.; MONGELLI, M. *Gestão publica municipal:* ideias e práticas para Prefeitos, Gestores e Técnicos. Mato Grosso do Sul: Letra Livre. 2004.	UNESP
38	ROCHA, Cézar Henrique Barra. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar. 2. ed. Juiz de Fora: Do Autor, 2002.	FEAMIG
39	Jantien Stoter and Peter Van Oosterom. 3D Cadastre in an international context. Kindle Edition, 2006. ISBN 10: 0849339324.	UFRGS
40	Technical Procedure for City Surveys - Revised 1963 - Manual nº 10 - American Societ of Engineers - 345 East 47th St - 1963 - New York, 17, N.Y..	UERJ

Tabela 4- Bibliografia básica das disciplinas de Cadastro

É escassa a bibliografia tanto teórica quanto prática sobre o CTM e seus cadastros temáticos, embora haja esforços tanto de Universidades quanto dos Ministérios envolvidos nos vários cadastros existentes no Brasil em elaborar normas e material bibliográfico. Silva et al (2014) afirma que são de grande importância as ações que vêm sendo desenvolvidas pelo Ministério das Cidades visando orientar os municípios quanto a implementação do Cadastro Territorial Multifinalitário. Tais ações resultaram na Portaria 511 de 7 de dezembro de 2009, a partir da qual capacitações (presenciais e à distância) e materiais bibliográficos para formação de técnicos vêm sendo produzidos.

O livro da Professora Andréia Carneiro Da Universidade de Pernambuco é o mais utilizado como bibliografia básica na disciplina de Cadastro e abrange boa parte dos ementários das disciplinas.

Aparecem também normas técnicas e legislação sobre o assunto, além de apostilas elaboradas para o tema cadastro.

3 I CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Embora ainda não difundido os conceitos que envolvem o cadastro, os cursos de graduação em engenharia cartográfica e agrimensura apresentam no mínimo uma noção geral de um cadastro com viés fiscal e algumas normas que são utilizadas para a execução do CTM.

A revisão e elaboração das normas técnicas para fins de cadastro, confecção de material didático específico, legislação atualizada em todos os níveis deve ser uma preocupação constante daqueles que se propõem a ensinar cadastro.

Em relação a cartografia cadastral encontrada nas instituições de ensino é uma cartografia de feições, pensada em uma escala pré-definida, escala grande, normalmente obtida por fotogrametria ou por topografia convencional. Tem como objetivo principal a cobrança de tributos, em alguns casos é utilizada como carta básica da cidade.

O sistema atual de cadastro e registro não funciona como suporte a Agrimensura, pois utilizam dados obtidos de formas diferentes, que não refletem nem a realidade jurídica e nem a realidade de fato.

REFERÊNCIAS

BRASIL**. Portaria nº 511, de 07 de dezembro de 2009. Estabelece Diretrizes para a Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros.** Diário oficial [da] união, Brasília, 08 dez 2009.

CABRAL, C.R. **Agrimensura e a espacialização dos títulos de propriedade para o registro de imóveis.** Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. UFSC. Florianópolis, 2017

FACULDADE DE ENGENHARIA E AGRIMENSURA DE PIRASSUNUNGA. **Grade curricular.** FEAP, Pirassununga, SP. 2018. Disponível em http://www.feap.com.br/?rt=agrimensura/gradecurricular. Acesso 25/07/2018

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS. **Projeto pedagógico do curso de engenharia de agrimensura.** FEAMIG, Belo Horizonte, MG.2011

FACULDADE FINOM. **Grade curricular.** FINOM, Paracatu, MG.2018. Disponível em http://www.finom.edu.br/graduacao/eng-de-agrimensura-e-cartografica. Acesso 25/07/2018

HASENACK, M. A **Cartografia Cadastral no Brasil** Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, 2013.

INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS. **Curso de bacharelado em engenharia cartográfica e de agrimensura, câmpus Goiânia.** IFG, Goiânia, GO. 2015

INSTITUTO FEDERAL SUL DE MINAS GERAIS. **Projeto pedagógico do curso de bacharelado de engenharia de agrimensura e cartográfica.** IFSMG, Inconfidentes, MG.2015

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA. **Disciplinas - engenharia cartográfica**. IME, Rio de Janeiro, RJ. 2018. Disponível em http://www.ime.eb.mil.br/pt/disciplinas-graduacao-eng-cartografica.html. Acesso em 26/07/2018

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Secretaria de Educação Superior **Referenciais Curriculares Nacionais** dos Cursos de Bacharelado e Licenciatura. Brasília: 2010.

SILVA, E. ; SILVA, L.R.; ZANCAN, E. C. ; FERMO, G. O. . **Atualização dos valores unitários de edificações visando minimizar as distorções na cobrança do IPTU em Criciúma-SC.** RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online) , v. 67, p. 373-389, 2015

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Projeto pedagógico do curso de engenharia de agrimensura.** UNESC, Criciúma, SC. 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO. **Projeto político pedagógico do curso de graduação em engenharia cartográfica e de agrimensura.** UNESP, Presidente Prudente, SP. 2017

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, **CURSO DE ENGENHARIA EMENTAS.** UERJ, Rio de Janeiro, RJ. 2018. Disponível em http://www.carto.eng.uerj.br/disciplinas/index.php?aed=0 Acesso em 26/07/2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Projeto pedagógico do curso de graduação em engenharia de agrimensura e cartográfica na UFBA.** UFBA, Salvador, BA. 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. **Projeto pedagógico do curso de engenharia de agrimensura de 2007 atualizado em 2013.** UFAL, Maceió, AL.2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Programa pedagógico do curso de graduação em engenharia cartográfica e de agrimensura.** UFPE, Recife, PE. 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, UBERLÂNDIA. **Curso de graduação em engenharia de agrimensura e cartográfica.** UFU, Uberlândia, MG. 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**. Projeto pedagógico do curso de engenharia de agrimensura e cartográfica.** UFV, Viçosa, MG. 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA, **Projeto político-pedagógico do curso de engenharia de agrimensura.** UNIPAMPA, Itaqui, RS. 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Projeto pedagógico do curso de engenharia cartográfica e de agrimensura.** UFPR, Curitiba, PR. 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ. **Projeto pedagógico do curso de graduação em engenharia cartográfica e de agrimensura**. UFPI, Teresina, PI. 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA. **Grade curricular**. UFRA, Belém, PA. 2013. Disponível em http://www.graduacaoeca.ufra.edu.br/index.php/matriz-curricular. Acesso em 25/07/2018

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**. Projeto pedagógico do curso de engenharia de agrimensura e cartográfica.** UFRRJ, Seropédica, RJ. 2011

CAPÍTULO 8

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DISPOSITIVOS MECÂNICOS E ELÉTRICOS QUE EXIBEM COMPORTAMENTO DINÂMICO NÃO LINEAR

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 01/05/2021

Vinícius Guilherme Esmeraldino Galvão
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
São Paulo – SP
http://lattes.cnpq.br/5897182670814576

RESUMO: Este estudo trabalhou com dois sistemas modelados por equações não-lineares: um mecânico, o pêndulo duplo, e outro elétrico, o Circuito de Chua. A natureza desse tipo de equacionamento torna o sistema, computacionalmente, mais difícil de ser resolvido em relação a um sistema linear como no conjunto massa-mola-amortecedor. Assim, a solução do sistema se torna mais complexa de ser analisada, pois surgem aspectos físicos e matemáticos que diferenciam sistemas lineares e não lineares, como a sensibilidade às condições iniciais, tornando-se assim os sistemas em caóticos; múltiplos pontos de equilíbrio estável e múltiplos modos de comportamento. Dessa forma, existem outros métodos para analisar sistemas como o pêndulo duplo e o Circuito de Chua como Diagrama de Bifurcação que mostra o valor de um estado de equilíbrio em função de um determinado parâmetro; o Expoente de Lyapunov que indica o nível de caoticidade do sistema por meio de um valor numérico; as Seções de Poincaré que permitem a análise de sistemas com mais de duas variáveis de estado; Atratores Estranhos muito bem conhecidos pela literatura utilizados para comparar com os atratores obtidos; Constante de Feigembaum valor universal referente a razão da diferença entre bifurcações consecutivas em sistemas caóticos de período dobrado a cada bifurcação; Rota para o Caos: Observação do espaço de fases e da série de tempo de uma variável de estado com valores do parâmetro referente aos pontos de bifurcação. O uso desses métodos foram aplicados de maneira diferente para cada sistema. O pêndulo duplo foi simulado no começo em condições próximas às lineares até em situações mais afastadas. O Circuito de Chua foi analisado pela evolução da rota para o caos observando simulações com os valores dos pontos de bifurcação.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas não-lineares; pêndulo duplo; Circuito de Chua; Sistemas caóticos.

DEVELOPMENT OF TOOLS OF ANALYSIS OF MECHANICAL AND ELECTRICAL DEVICES WHOSE DISPLAY NONLINEAR DYNAMICAL BEHAVIOR

ABSTRACT: This work studied two systems modeled by nonlinear equations: a mechanical one, the double pendulum, and an electric one, Chua's Circuit. The nature of this type of equation makes the system, computationally, more difficult to solve in relation to a linear system as in the mass-spring-damper assembly. Thus, the system solution has become more complex to be analyzed, as there are physical and mathematical characteristics that differentiate nonlinear and linear systems, such as sensibility to the initial

conditions, which makes systems chaotic; multiple stable equilibrium points and multiple modes of behavior. Thus, there are a range of methods to analysis nonlinear systems such as the Bifurcation Diagram which shows the value of an equilibrium state in function of a chosen parameter; the Lyapunov Exponent which points out the chaoticity level of the system by a numerical value; the Poincaré Section which allows the analysis of the systems with more than two variable of state; Strange Attractor very well-known graphical structures used to compare with the obtained attractors; Feigenbaum Constant: universal value referring to the rate of the difference between consecutive bifurcations in chaotic systems that duplicate at each bifurcation; Path to the Chaos: Plotting of the spaces phases and the times series of a state variable with values of the parameter referring to the bifurcations points. The use of these methods was applied in a different way to each system. The double pendulum was simulated in the beginning with initial conditions near linear until to the more distant situations. The Chua's Circuit was analyzed by the evolution through the route to the chaos observing simulations with the values of the bifurcation points.
KEYWORDS: Nonlinear systems; double pendulum; Chua's Circuit; Chaotic System.

1 I INTRODUÇÃO

Sistemas dinâmicos podem ser descritos por equações diferenciais, tais como equipamentos e dispositivos mecânicos, circuitos elétricos e sistemas de produção. A descrição matemática desses sistemas é exemplificada, muitas vezes, nos cursos de engenharia, na forma de equações diferenciais lineares e integráveis, como por exemplo no sistema massa-mola-amortecedor. Entretanto, apesar da vasta aplicação de equações diferenciais lineares, muitos sistemas físicos são representados por equações ordinárias não lineares e não integráveis que não permitem simplificação da forma linearizada para uma análise completa.

Esses sistemas são designados na literatura por sistemas caóticos-determinísticos, pois possuem elevada sensibilidade as perturbações, isto é, apresentam drásticas mudanças na trajetória de espaço de estados com uma mudança infinitesimal das condições iniciais. Assim, pode ser impossível com o decorrer do tempo prever o comportamento desses sistemas. Uma situação dessa natureza pode ocorrer, por exemplo, em um corpo que viaja pelo sistema solar, em várias situações de dinâmica dos fluídos e em sistemas elétricos.

Devido a essa complexidade, a análise desses sistemas caóticos precisa ser feita a partir da modelagem com o uso recursos computacionais avançados e aprimorado conhecimento em linguagem de programação, a fim de evitar erros e de realizar uma análise completa e bem-sucedida do sistema dinâmico.

2 I OBJETIVO

O objetivo desse presente trabalho consiste na análise dispositivos físicos e elétricos, representados por equações diferenciais ordinárias não-lineares e não integráveis, ou seja,

sistemas caóticos determinísticos. Isso, sendo feito através da implementação de métodos computacionais adequados ao comportamento dos sistemas estudados.

Essa análise será feita sobre dois dispositivos, o pêndulo plano duplo e o circuito de Chua. No primeiro será possível estudar como o caos age e evolui à medida que se afasta das condições de quase integrabilidade em um sistema de espaço de estados quadrimensional. No segundo será possível estudar a bifurcação, o surgimento de atratores típicos de um sistema não linear dissipativo em um espaço de estados tridimensional e a evolução desse sistema em direção a um estado caótico.

Esses dois dispositivos são considerados autônomos, isto é, as equações diferenciais que os descrevem não dependem explicitamente do tempo. Os códigos que resolvem soluções desses sistemas utilizarão a função ode da linguagem Scilab® com um passo de tempo 0,01 s exceto no programa da Seção de Poincaré.

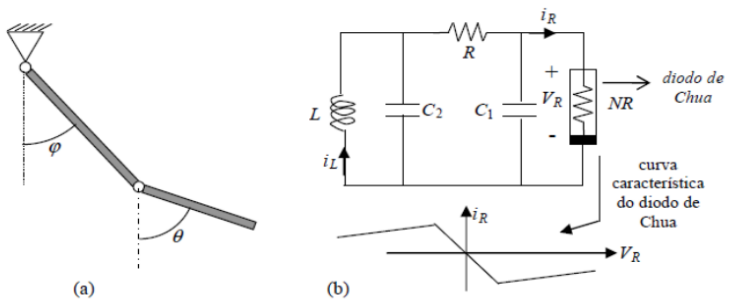


Figura 1 – Sistemas estudados: (a) Pêndulo Duplo plano; (b) Circuito de Chua

3 I MÉTODOS DE ANÁLISE DE SISTEMAS NÃO-LINEARES:

3.1 Diagrama de Bifurcação:

O diagrama de bifurcação consiste, basicamente, em uma representação gráfica de um determinado estado, no eixo y, em relação a algum parâmetro de bifurcação, no eixo x, que pode ser por exemplo a energia ou algum parâmetro do sistema. O objetivo desse tipo de representação é demonstrar a evolução da sensibilidade às condições iniciais ao longo de determinados valores do parâmetro escolhido. Nessa ferramenta de análise, os pontos de bifurcação tornam-se explicitamente conhecidos já que são pontos que mudam a quantidade de estados a partir de certo valor do parâmetro formando a bifurcação no gráfico.

Em sistemas caóticos determinísticos, essa ferramenta possui um papel essencial, pois consegue indicar, de certa forma, quão caótico é o sistema e em quais condições ele pode ser considerado como tal, apresentando elevados pontos de bifurcação dependendo da faixa de valores escolhida do parâmetro. Algo que não acontece em sistemas lineares,

dos quais acontecem poucos pontos de bifurcação e seu respectivo diagrama é bem mais simples.

Associado a esse Diagrama, quando há duplicação do período existe uma característica universal, a Constante de Feigenbaum. Ela é calculada pela razão entre a diferença entre valores do eixo x dos pontos de bifurcação seguidos como mostra a equação abaixo:

$$\delta_n = \frac{\Gamma_n - \Gamma_{n-1}}{\Gamma_{n+1} - \Gamma_n} \tag{3.1}$$

$$\delta = \lim_{n\to\infty} \delta_n = 4{,}6692016 \tag{3.2}$$

Segue abaixo uma imagem, que exemplifica um diagrama de bifurcação com os pontos utilizados para cálculo da constante:

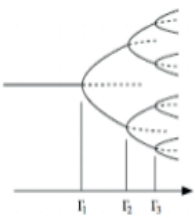


Figura 2 – Representação esquemática do Diagrama de Bifurcação, referência [5]

3.2 Expoente de Lyapunov:

Um método que trata mais de saber se o sistema é ou não caótico através de um valor numérico é o Expoente de Lyapunov. Introduzido pelo matemático russo Aleksandr Lyapunov no final do século XIX. Trata-se de um número calculado pela seguinte expressão:

$$\Lambda = \lim_{t_N\to\infty} \frac{1}{t_N} \sum_{i=0}^{N} \ln|d_i(t_k)| \tag{3.3}$$

Sendo d_i a separação de duas trajetórias próximas do sistema; geralmente utiliza-se o valor máximo caso ele for max[Λ] > 0 o sistema pode ser caótico; caso contrário ou igual a zero o sistema não será caótico. Essa condição é necessária, porém não suficiente. Obviamente, quanto maior o valor de max[Λ] mais chance tem de o sistema ser mais caótico que no caso de menores valores max[Λ].

3.3 Seções de Poincaré:

Em sistemas físicos com duas coordenadas livres a representação da trajetória do espaço de fases torna-se bastante complicada, uma vez que esse tipo de sistema possui quatro dimensões, as coordenadas de posição e suas respectivas derivadas no tempo. A fim de minimizar esse problema, Henri Poincaré criou, no final do século XIX, as Seções

de Poincaré que, em sistemas conservativos, conseguem representar a trajetória de um espaço de fase dentre dois estados dos quatro existentes em um plano.

Esse método de representação funciona a partir de um valor escolhido de energia mecânica, que se mantém ao longo do tempo por se tratar de um modelo conservativo, assim o sistema se reduz a três dimensões. Com esse espaço tridimensional formado, escolhe-se uma superfície em que representa o valor de algum estado. Por fim, os valores são marcados no plano da seção a partir do encontro entre as trajetórias para diferentes condições iniciais de mesma energia mecânica escolhida. Assim, os pontos representados na seção serão aqueles que no mesmo instante o valor do estado escolhido é aquele fixado anteriormente e o outro estado não representado possuirá valor positivo ou negativo. Como mostra a figura abaixo:

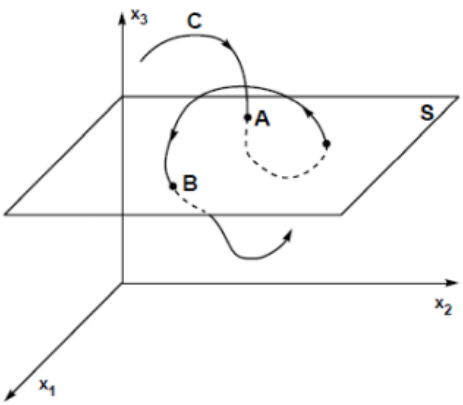


Figura 3 – Representação esquemática da confecção da Seção de Poincaré, referência [2]

3.4 Atratores:

Em um sistema dinâmico, um atrator é um conjunto de valores que o sistema tende a evoluir independente das condições iniciais, esses valores podem representar as coordenas de um sistema físico. Um atrator pode ser um ponto fixo, um ciclo limite, orbita quasiperiódica, isto é, orbita que apresenta periodicidade irregular, ou atrator estranho.

Um atrator estranho ocorre quando diferenças infinitesimais nas condições iniciais geram perfis bastante distintos, esse tipo de atrator é típico de sistemas caóticos. Além disso, existem atratores estranhos bastante conhecidos pela literatura que podem ser comparados com atratores produzidos na simulação de algum sistema. Segue abaixo figuras de atratores estranhos conhecidos:

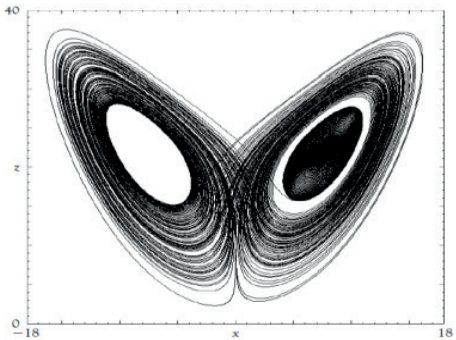


Figura 4 – Atrator de Lorenz, referência [2]

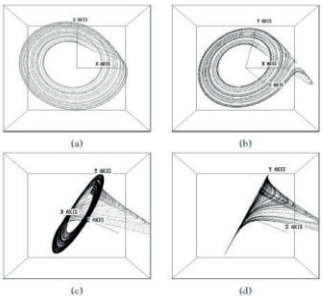


Figura 5 – Atrator de Rössler, referência [2]

4 I MODELAGEM DOS SISTEMAS

4.1 Pêndulo duplo:

Aplicação da mecânica de Lagrange para o equacionamento. Como o sistema possui duas dimensões, então o sistema será descrito por duas equações em θ e φ. Assim, o sistema é descrito abaixo por:

Na coordenada θ:

$$\frac{1}{3}\ell_2\ddot{\theta} + \frac{1}{2}\ddot{\varphi}\ell_1\cos(\varphi-\theta) - \frac{1}{2}\ell_1 \text{sen}(\varphi-\theta)\dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2}g\,\text{sen}\theta = 0 \qquad (4.1)$$

Na coordenada φ:

$$\ddot{\varphi}\,\ell_1(\ell_2 + \frac{\ell_1}{3}) + \frac{1}{2}\ell^2{}_2\ddot{\theta}\cos(\varphi-\theta) + \frac{1}{2}\ell^2{}_2\dot{\theta}^2\text{sen}(\varphi-\theta) + (\frac{1}{2}\ell_1 + \ell_2)g\,\text{sen}\varphi = 0 \qquad (4.2)$$

Circuito de Chua:

Aplicação da 1ª e 2ª Leis de Kirchhoff, uso de três variáveis de estado e, portanto,

três equações não-lineares, além do uso das relações: $C\frac{dV}{dt} = i$ e $L\frac{di}{dt} = V$. Após uma troca de variáveis o sistema fica equacionado da seguinte forma:

$$\frac{dx}{d\tau} = k\alpha(y - x - f(x)) \tag{4.3}$$

$$\frac{dy}{d\tau} = k(x - y + z) \tag{4.4}$$

$$\frac{dz}{d\tau} = -k\beta y \tag{4.5}$$

$$f(x) = bx + \frac{1}{2}(a - b)\{|x + 1| - |x - 1|\} \tag{4.6}$$

A função $f(x)$ refere-se ao diodo de Chua e é o responsável pela não linearidade do modelo.

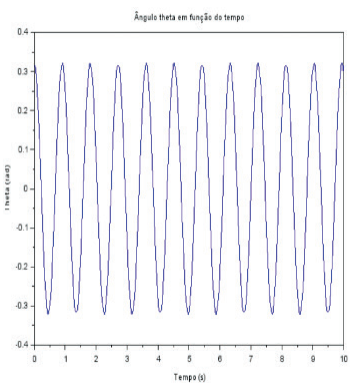
5 I RESULTADOS

5.1 Pêndulo duplo:

Os métodos utilizados para analisar o movimento do pêndulo foram além de simulações, as Seções de Poincaré e estimativas para o expoente de Lyapunov. A metodologia de análise do pêndulo duplo consistiu em fazer simulações de condições próximas a linearidade quando $\ell_1 = 0$ até $\ell_1 = \ell_2$.

Simulações do modelo e Seções de Poincaré:

Situação I - $\ell_1 = \ell_2/100$:



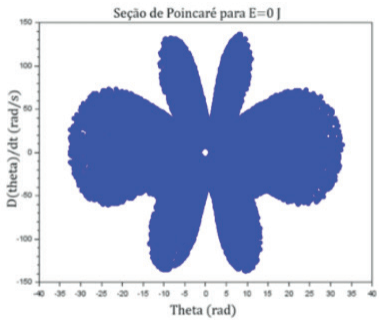


Figura 6 – À esquerda simulação do modelo e à direita a Seção de Poincaré com condição próxima à linear.

Situação II- $\ell_1 = \ell_2/10$:

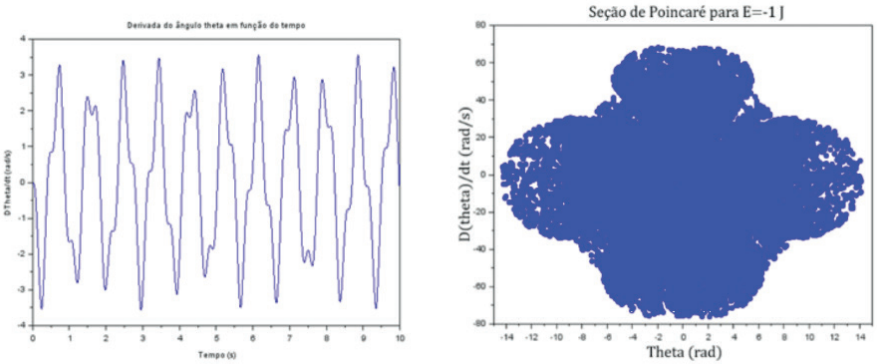


Figura 7 – À esquerda simulação do modelo e à direita a Seção de Poincaré com condição mais distante da linear.

Situação III- $\ell_1 = \ell_2$:

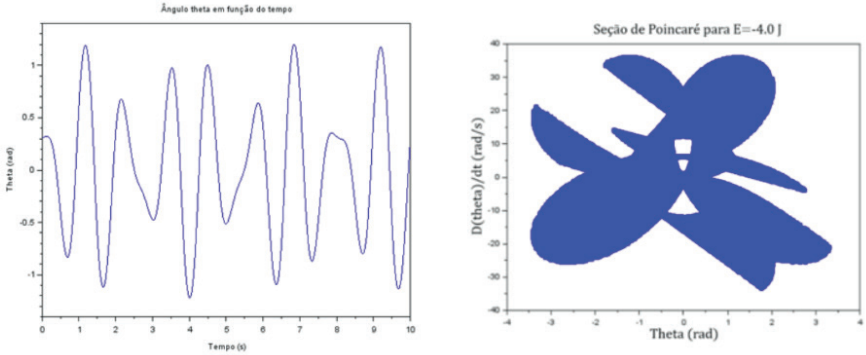


Figura 8 – À esquerda simulação do modelo e à direita a Seção de Poincaré com condição mais distante da linear.

Estimativas do Expoente de Lyapunov:

Como mencionado na referência [10]:

$$\Delta x(t) \sim \Delta x(t_0) e^{\alpha t} \tag{5.1}$$

Sendo Δx(t) a diferença entre dois valores de uma determinada variável de estado de trajetórias distintas.

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{\Delta x(t)}{\Delta x(t_0)}\right)}{t} \tag{5.2}$$

Dessa forma, a sensibilidade às condições iniciais pode ser estimada em determinado sistema, uma vez que quanto mais afastado for o valor α de zero mais sensível é o sistema.

De forma análoga ao Expoente de Lyapunov, faz-se um somatório desses valores, o que é interessante, uma vez que valores de Δx se alteram em relação ao tempo.

Assim, pode-se criar um código que analisa o valor de alfa para diferentes condições do pêndulo duplo cada uma com diferentes comprimentos, ℓ_1. A finalidade disso será de analisar condição próxima de uma situação linear não caótica até as mais afastadas.

O cálculo é feito da seguinte forma: executa-se duas vezes a função do pêndulo duplo com valores iniciais diferentes, porém muito próximos; após isso, define-se:

$$\Delta x = \sqrt{(\varphi_1 - \varphi_2)^2 + (\theta_1 - \theta_2)^2} \tag{5.3}$$

Sendo φ_1 e θ_1 posições de uma condição inicial e φ_2 e θ_2 de outra condição inicial em determinado instante; define-se um vetor tempo que selecionará os valores de alfa que farão parte do somatório.

$\Delta x(t_0)$ =0.05 rad; Condições iniciais: y01 = [π/30; 0; π/30; 0] e y02 = [π/30; 0; π/30+0.05; 0]

ℓ_1	α
0	0,2135744
0,001 ℓ_2	0,3182738
0,01 ℓ_2	2,3571222
0,1 ℓ_2	2,3912903
ℓ_2	3,3943712

Os resultados deram de acordo com o esperado. Valores mais altos de α para situações mais afastadas das condições lineares indicando maior probabilidade da presença de movimento caótico.

5.2 Circuito de Chua

Segundo a literatura a respeito sobre o Circuito de Chua, o período do Ciclo limite dobra-se a cada ponto de bifurcação, o que permite o cálculo da Constante de Feigenbaum e uma observação da rota para Caos desde do Ciclo limite de período-1 até o surgimento de atratores estranhos.

Assim, iniciando de um Ciclo Limite de período-1, como nos valores dos parâmetros dados pelo gráfico I, torna-se interessante fazer um Diagrama de Bifurcação em que se varia o valor de a com valor inicial de 7,9 até 9, com passo de 0,005, e observa-se quais são os valores de máximo local de x, com as mesmas condições iniciais das do gráfico I do Circuito de Chua adimensional.

Segue abaixo o Diagrama de Bifurcação:

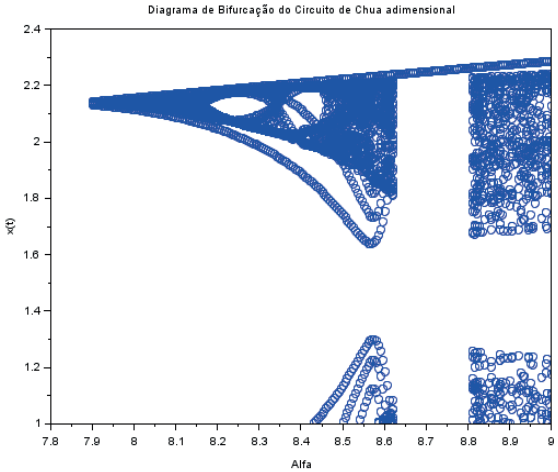


Figura 9 - Diagrama de Bifurcação do Circuito de Chua adimensional.

O programa foi executado na resolução da função *ode* com um intervalo de tempo de 0 a 100 segundos com passo de 0.01 s.

Observando os pontos de bifurcação nas seguintes imagens:

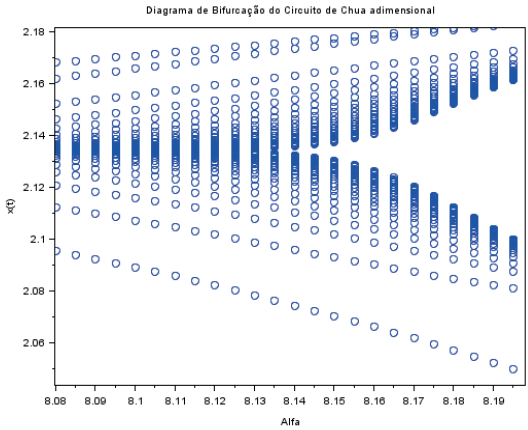


Figura 10 - Imagem ampliada do Diagrama de Bifurcação mostrando a primeira bifurcação

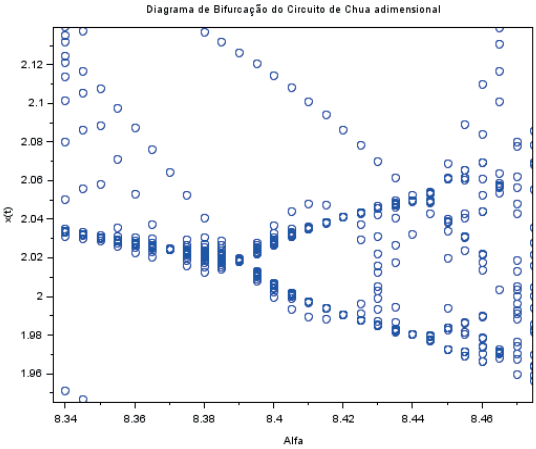


Figura 11 - Imagem ampliada do Diagrama de Bifurcação mostrando a segunda e terceira bifurcação.

Assim, depreende-se três pontos de Bifurcação, B_1 = 8,135, B_2 = 8,39 e B_3 = 8,445. Dessa forma, estima-se o valor de δ_2 com a equação (3.1) e compara-se com o valor da equação (3.2):

$$\delta n = \frac{B_n - B_{n-1}}{B_{n+1} - B_n}; \text{ para n = 2 tem-se } \delta_2 = \frac{B_2 - B_1}{B_3 - B_2} = 4{,}6363636$$

δ_2	δ	Desvio
4,6363636	4,6692016	0,7 %

Realizando testes com valores de α iguais aos pontos de bifurcação não alterando outros valores chega-se aos seguintes gráficos do Circuito de Chua adimensional e da série de tempo:

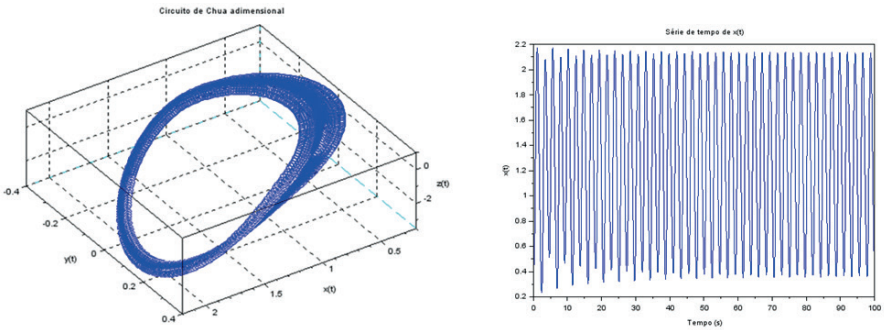


Figura 12 - Rota para o Caos para α = 8,135: à esquerda o espaço de fases e à direita a série de tempo de x.

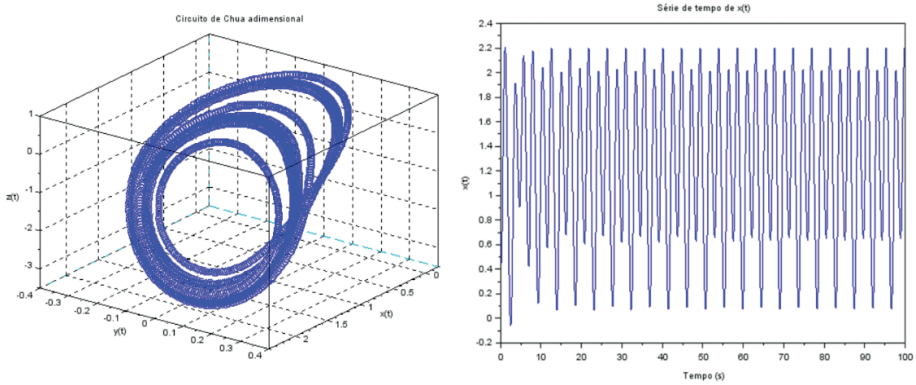


Figura 13 - Rota para o Caos para α = 8,39: à esquerda o espaço de fases e à direita a série de tempo de x.

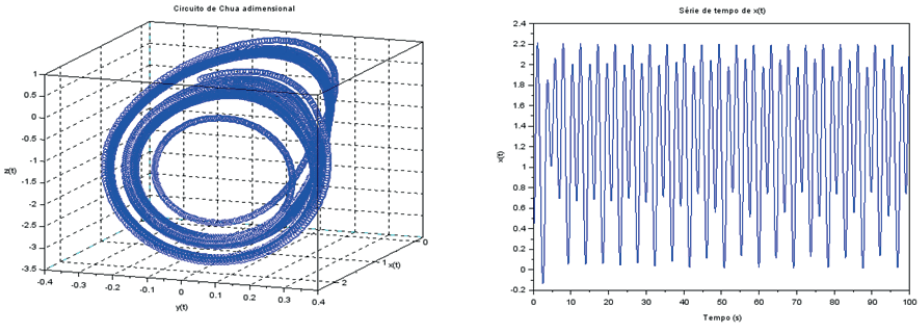


Figura 14 - Rota para o Caos para α = 8,445: à esquerda o espaço de fases e à direita a série de tempo de x.

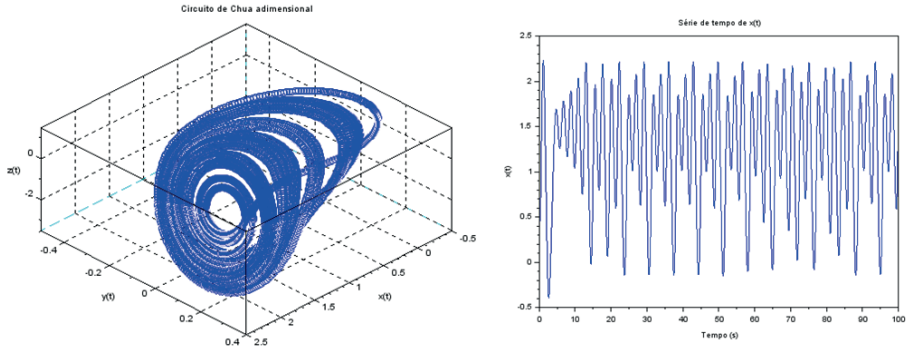


Figura 15 - Rota para o Caos para α = 8,6: à esquerda o espaço de fases e à direita a série de tempo de x.

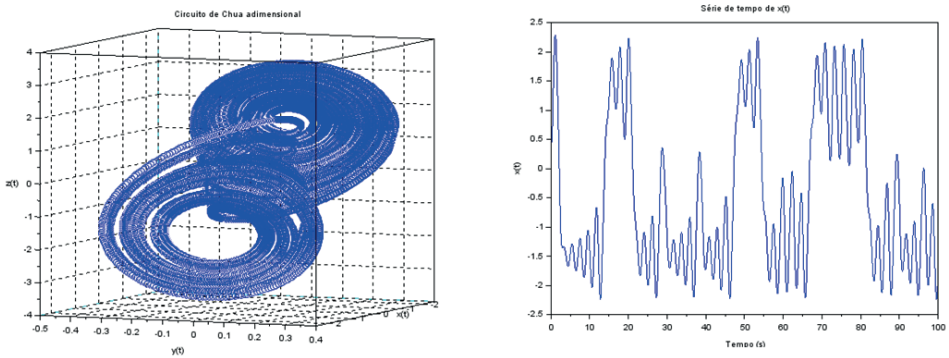


Figura 16 - Rota para o Caos para α = 9: à esquerda o espaço de fases e à direita a série de tempo de x.

Na figura 16, nota-se a presença do Atrator Estranho do tipo 'Double-Scroll'. Referência [9]

6 I CONCLUSÃO

Com a confecção deste presente trabalho e dos resultados obtidos é possível concluir que os códigos realizados foram suficientes para observar o que foi visto na revisão bibliográfica.

No caso do pêndulo duplo, é evidente a presença de três comportamentos mostrados nas Seções de Poincaré, algo mais regular para valores de baixo comprimento ℓ_1 avançando para certa irregularidade para valores de comprimento ℓ_1 mais altos até chegar em casos caóticos. Isso é evidenciado também nas estimativas para a sensibilidade às condições iniciais que de certa forma é análoga ao expoente de Lyapunov. O estudo mostrou valores mais acima de zero à medida que se aumenta ℓ_1 e se afasta das condições de integrabilidade indicando possível movimento caótico, mas não provando-o.

No caso do Circuito de Chua, assim como na literatura sobre o tema, foi percebido uma rota em direção ao caos de duplicação do período pela realização do Diagrama de Bifurcação na variação do parâmetro α. Isso foi evidenciado após a confecção dos gráficos com o valor α igual aos pontos de Bifurcação, o que mostrou o aumento do número do período do ciclo limite, e com o cálculo da razão (3.1) e posterior comparação com a Constante de Feigenbaum (3.2), tendo o desvio de apenas 0,7%. Além disso, foi observado também uma grande diversidade de atratores sendo aquelas estruturas mais complexas como o Atrator Estranho com 'Double-Scroll' aparecendo, geralmente, em situações mais caóticas com valores mais altos de α.

Apesar da congruência dos resultados, é preciso afirmar o forte gasto computacional para encontrar soluções na dinâmica não-linear. Especialmente no caso do pêndulo duplo em que um valor de energia pode ser gerado por diversas condições iniciais, o que tornou

o código que faz a Seção de Poincaré bastante demorado e incompleto não testando todas as condições iniciais possíveis.

No caso do Circuito de Chua, foi percebido uma diferença do número de pontos plotados ao se fazer o diagrama de bifurcação com tempo máximo de 10 segundos com o tempo de 100 segundos evidenciando a qualidade que deve ser feita o código para uma efetiva análise do sistema. Logo, é possível perceber que o programador deve buscar algum equilíbrio muitas vezes entre a qualidade da programação e o gasto computacional gerado para análise de sistemas não-lineares.

REFERÊNCIAS

[1] ABDALSMD, L.; ELBORI A. Simulation of Double Pendulum. **Journal of Software Engineering and Simulation**, v.3, April, 2017, p 1-13.

[2] ALLIGOOD, K. T.; SAUER, T. D.; YORKE, J. A. **Chaos**: An Introduction to Dynamical Systems, Springer-Verlag, New York, 1996.

[3] CHEN, C. **Linear System Theory and Design**, 3rd. ed. Oxford University Press, New York, 1999

[4] CHUA, L. O. The Genesis of Chua's Circuit. **Archiv für Elektronik und Ubertragung-stechnik**, 46: 250-257.

[5] JORDAN, D.W., SMITH, P., **Nonlinear ordinary differential equations**: An Introduction to Scientits and Engineers. 4th ed. Oxford University Press, New York, 2007.

[6] KENNEDY, M. P."Three steps to chaos – Part 1: Evolution" **IEEE Transactions on Circuits and Systems**, v.40, no.10, October, 1993.

[7] KHALIL, H.K., **Nonlinear** Systems 3rd ed. Prentice Hall, 2002.

[8] MADAN, R.N., WU, C.W., Introduction to experimental chaos using Chua's circuit. *In*: **Chua's Circuit: A Paradigm to Chaos**. Edited by Madan, R.N. Singapore River Edge, N.J.: World Scientific, 1993.

[9] MATSUMOTO, T., A chaotic attractor from Chua's circuit. **IEEE Transactions on Circuits and Systems**, v. CAS-31, no. 12, Dec, 1984, p. 1055-1059.

[10] SHINBROT, T.; GREGOGI, C.; WISDON, J.; YORKE, J.A. Chaos in double pendulum. **American Journal of Physics**, 60, 6, Jun 1992, p.491-499.

[11] STACHOWIAK, T., OKADA, T., A numerical analysis of chaos in the double pendulum. **Chaos, Solitons abd Fractals**, v.29, 2006, p. 417-422.

CAPÍTULO 9

ESTUDOS PEDOLÓGICOS E GEOLÓGICOS: UMA NOVA ABORDAGEM COM IMAGEADORES HIPERESPECTRAIS

Data de aceite: 21/06/2021

Guilherme Fernando Capristo Silva
Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
Sinop, Mato Grosso, Brasil

Marcos Rafael Nanni
Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá
Maringá, PR, Brasil

Renato Herrig Furlanetto
Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá
Maringá, PR, Brasil

Luis Guilherme Teixeira Crusiol
Laboratório Chave de Sensoriamento Remoto Agrícola, Ministério da Agricultura / Laboratório Conjunto CAAS-CIAT em Tecnologias Avançadas para Agricultura Sustentável - Instituto de Recursos Agrícolas e Planejamento Regional, Academia Chinesa de Ciências Agrícolas, Pequim 100081, China
Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá
Maringá, PR, Brasil

Everson Cezar
Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá
Maringá, PR, Brasil

Cassiele Uliana Facco
Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Geografia
Sinop, MT, Brasil

Carlos Antonio da Silva Junior
Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Geografia
Sinop, MT, Brasil

José Alexandre Melo Demattê
Departamento de Ciência do Solo, Universidade de São Paulo
Piracicaba, SP, Brasil

Jessica Saldanha Souza
Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá
Maringá, PR, Brasil

Taiana Loan de Lima Campos
Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá
Maringá, PR, Brasil

Glaucio Leboso Alemparte Abrantes dos Santos
Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá
Maringá, PR, Brasil

Marlon Rodrigues
Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá
Maringá, PR, Brasil

RESUMO: Os sensores imageadores hiperespectrais realizam a aquisição das imagens em centenas debandas estreitas e continuas, fazendo com que cada pixel da imagem derive uma curva de reflectância espectral tendo, assim, alto potencial e flexibilidade em fornecer informações detalhadas de um alvo ou objeto.

Pensando-se na potencialidade do uso dessas imagens nos estudos pedológicos e geológicos, este trabalho teve, como objetivo, avaliar a capacidade de uma câmera hiperespectral na discriminação pedológica e geológica pelo imageamento de perfis. O perfil imagiado foi classificado como LATOSSOLO, situado no município de Mandaguari–PR–Brasil. A câmera hiperespectral utilizada foi a AisaFENIX a qual possui uma faixa espectral de380 – 970 nm no sensor VNIR e de 970 - 2500 nm no sensor SWIR com resolução espectral de3,5 e 12 nm, respectivamente. O equipamento foi montado em sua base de tripé nivelado e regulado a um metro de altura distanciado a 40 m da secção vertical do solo. A imagem capturada em radiância apresenta o total de 620 bandas a 25 quadros por segundo. Como padrão para conversão em reflectância dos valores obtidos, foi utilizada uma placa de sulfato de bário ($BaSO_4$), a partir da razão entre a radiância do alvo e a radiância desta. As imagens foram processadas pelo programa CaliGeo PRO® para realizar a calibração geométrica e radiométrica. Para observação dos gráficos de radiância, foi utilizado o software ENVI 4.8. Os resultados obtidos nos alvos como a rocha sã de origem basáltica, a camada intertrapiana dos basaltos presentes nestas áreas e o horizonte b latossólico, denotram que as imagens obtidas pelo sensor possibilita a diferenciação e caracterização das porções avaliadas tendo, como diferencial, a praticidade e rapidez na obtenção de seus resultados com a possibilidade de diferenciar horizontes e camadas em perfis de solos com vistas à produzir e auxiliar em mapeamentos digitais de solos.
PALAVRAS-CHAVE: MAPEAMENTO DIGITAL, CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS, SENSOR AISAFENIX, ASSINATURA ESPECTRAL.

ABSTRACT: The hyperspectral imagers sensors perform the acquisition of images in hundreds of narrowwebs, making each pixel of the image derive a spectral reflectance curve having thus highpotential and flexibility to provide detailed information of a target or object. Thinking on thepotential use of these images in the pedological and geological studies, this work had the objective to evaluate the ability of a hyperspectral camera in pedological and geological discrimination by imaging profiles. The imaged profile was classified as LATOSOL, located in Mandaguari - PR - Brazil. The hyperspectral camera used was AisaFENIX which has a spectral range 380-970 nm in the VNIR sensor and 970-2500 nm in SWIR sensor with spectral resolution 3,5 and 12 nm, respectively. The equipment was mounted on a leveled tripod base and adjustable to a height of meter spaced 40 m from the vertical ground section. The captured image shows the total radiance of 620 bands at 25 frames per second. As a pattern for conversion of reflectance values, one plate barium sulfate (BaSO4) was used as the ratio between the target radiance and radiance standard plate. The images were processed by CaliGeo PRO® to perform geometric and radiometric calibration. To observe the radiance of graphics, we used the ENVI 4.8 software.The results on the targets as basaltic rock, the intertrapiana layer and the horizon b Latosolic denote the images taken by the sensor allows the differentiation and characterization of the evaluated portions having a differential, the convenience and speed in obtaining results with ability to differentiate horizons and layers in soil profiles in order to produce and assist in digital soil mapping.
KEYWORDS: SOIL PROPERTIES, SOIL CLASSIFICATION, AISAFENIX SENSOR, SPECTRAL SIGNATURE.

INTRODUÇÃO

O uso de técnicas de sensoriamento remoto e de sistema de informação geográfica introduziu nova era no acesso e monitoramento dos recursos de solo no que se refere à qualidade da informação (MERMUT e ESWARAN, 2001).

O comportamento espectral do solo depende diretamente de sua composição química, física, biológica e mineralógica (SOUSA JUNIOR et al., 2008). No qual é resultante de fatores e processos atuantes na sua formação, sendo eles: tamanho de partícula, estrutura do solo, rugosidade superficial, umidade, teor de matéria orgânica, teor de minerais carbonatados, presença ou não de quartzo e dos óxidos de Fe (STONER e BAUMGARDNER, 1981).

Para entender as observações remotas com as propriedades dos solos é necessário que seentenda os espectros de refletância difusa, relacionando-os com as principais feições espectrais oriundas das absorções. Esta absorção da radiação ocorre quando a energia corresponde a uma transição entre o estado fundamental e um estado excitado de um elétron, ou aquela de certa frequência de vibração de uma molécula. Como estas absorções demandam diferentes quantidades de energia, as suas ocorrências evidenciam-se em diferentes posições do espectro (EPIPHANIO et al., 1992).

As vibrações de grupos OH^-, $S0_4^=$e $CO_3^=$, de ocorrência frequente nos solos, são bons exemplos de absorções de origem molecular. Para os Latossolos, os eventos espectrais ligados as hidroxilas são particularmente importantes, pois os radicais OH^- participam na rede da caulinita e dagibbsita, sendo os dois componentes maiores destes solos (EPIPHANIO et al., 1992).

No entendimento das relações entre as características dos solos e as suas propriedades espectrais, é muito importante que sejam consideradas não apenas as ponderações sobre os fenômenos físicos ocorrentes durante as interações energia-matéria, mas também vários conceitos pedológicos. Isto porque o comportamento espectral dos solos e o resultado da combinação de influencias de vários fatores presentes nos solos que se alteram de um solo para outro (IRONS et al., 1989).

Os equipamentos laboratoriais como os espectroradiômetros por não serem sensores imageadores, embora sendo padrão, é impraticável a visualização em tempo real do alvo a ser estudado de maneira rápida. Com o advento dos sensores hiperesctrais, sejaem nível terrestre ou suborbital, têm-se mostrado promissor em sua agilidade na aquisição de imagens com alta resolução espectral e espacial. Em virtude disto, este trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade de uma câmera hiperespectral na discriminação pedológica e geológica pelo imageamento de perfis.

MATERIAL E MÉTODOS

O perfil do solo estudado foi classificado como LATOSSOLO, situado nas coordenadas geográficas a Latitude 23º 18' 29" Sul e Longitude a 52º 06' 40" Oeste, no município de Mandaguaçu – PR – Brasil. A região é caracterizada pela presença de extensas áreas dominadas pela presença de solos Latossólicos Vermelhos férricos (>18% de Fe_2O_3), desenvolvidos sobre rochas vulcânicas básicas (basaltos) que podem apresentar camadas intertrapianas de material arenítico pertencentes a Formação Serra Geral do Jurássico Triássico (JKsg) conforme definido por Leinz e Amaral (1987).

Os latossolos formados sobre estes materiais apresentam, como principais características, elevada profundidade (>3m) boa drenagem, estrutura granular fortemente desenvolvida e capacidade de troca catiônica relativamente baixa (< 13 $cmol_c\ cm^{-3}$) decorrente da sua acentuada intemperização. Devido aos elevados teores de ferro advindos da rocha mãe, a coloração destes solos apresentam matiz menor ou igual a 2,5 YR e valor e croma variando entre 4/6 e 3/4 (Nanni, 1995).

A câmera hiperespectral utilizada foi da marca Specim, modelo AisaFENIX a qual possui uma faixa espectral de 380 – 970 nm no sensor VNIR e de 970 - 2500 nm no sensor SWIR com resolução espectral de 3,5 e12 nm, respectivamente (Figura 1).

Figura 1. Câmera modelo AisaFENIX com os sensores VNIR e SWIR integrados; 1– janela de entrada da luz no sensor.

O equipamento foi montado em sua base de tripé nivelado e regulado a um metro de altura distanciado a 40 m da secção vertical do solo, conforme demonstrado na figura 2. A imagem foi capturada em número digital (ND) e apresenta o total de 620 bandas a 25 quadros por segundo.

Figura 2. Equipamento montado com o sensor AISAFenix para aquisição de imagens.

As imagens obtidas se deram com a utilização do software disponibilizado pela empresa chamado RScube Rotation®, onde no mesmo encontra-se disponível para a adequação dos parâmetros de abertura e fechamento do sensor em relação à luminosidade do ambiente.

Os dados brutos obtidos pela câmera AISAFenix necessita passar por várias etapas de pré-processamento antes que possa ser analisado e interpretado. Estas etapas compreendem a conversão do ND em radiância, a correção geométrica e atmosférica.

As imagens foram pré-processadas pelo programa CaliGeo PRO® para realizar a calibração geométrica e radiométrica. Para observação dos gráficos de radiância, foi utilizado o software ENVI Classic® (EXELIS, 2011).

Para minimizar os efeitos atmosféricos na imagem,se procedeu a correção atmosférica utilizando o programa ATCOR® (RICHTER, 2008). Como padrão para conversão dos dados de radiância em fator de reflectância, foi utilizada uma placa de referência próxima a 100% de reflectância constituída por sulfato de bário ($BaSO_4$) para a normalização da imagem. Apenas foram excluídas as bandas de vapor de água atmosférico compreendendo os comprimentos de onda entre1350-1400 nm e de 1800-2000 nm.

RESULTADOS

As curvas espectrais obtidas pelo sensor AISAFenix (Figura 3) revelaram a forma com que os atributos dos materiais avaliados atuaram sobre a resposta espectral. Foram observadas, neste trabalho, apenas as denominadas bandas de absorção decorrentes da interação entre a energia e amatéria. No caso do horizonte subsuperficial dos Latossolos

ficou evidente as bandas de absorção entre 480 – 650 nm e 850 - 980 nm decorrentes da grande quantidade de óxidos presentes nestes solos, característico da presença de hematita, conforme verificado por Madeira Netto (2001).

Observa-se que a camada intertrapiana também apresentou mesmo comportamento, mesmo tendo, em sua composição, teores elevados de sílica uma vez que trata-se de sedimentos arenosos. No entanto, é provável que, decorrente do contato com o basalto e possível intemperismo do sistema, as partículas de quartzo tenham sido recobertas por elementos férricos fazendo com que apareçam as mesmas bandas apresentadas no horizonte subsuperficial do Latossolo.

A capacidade dos óxidos recobrirem partículas diminutas e influenciarem a reflectancia do material é bem discutida por Cezar et al. (2013), que observou que pequenas porcentagens (3%) de alguns magnetita, pode influenciar na curva espectral como umt odo.

A distribuição do tamanho das partículas do solo e a presença de diferentes argilominerais influem na sua resposta espectral (MENESES & MADEIRA NETTO, 2001). A concavidade bastante acentuada em 450 nm e maiores intensidades de reflectância em 900 nm, representadas pelos solos com matiz vermelho, indicam a predominância da hematita sobre a goethita, concordando com Fontes & Carvalho Júnior (2005).

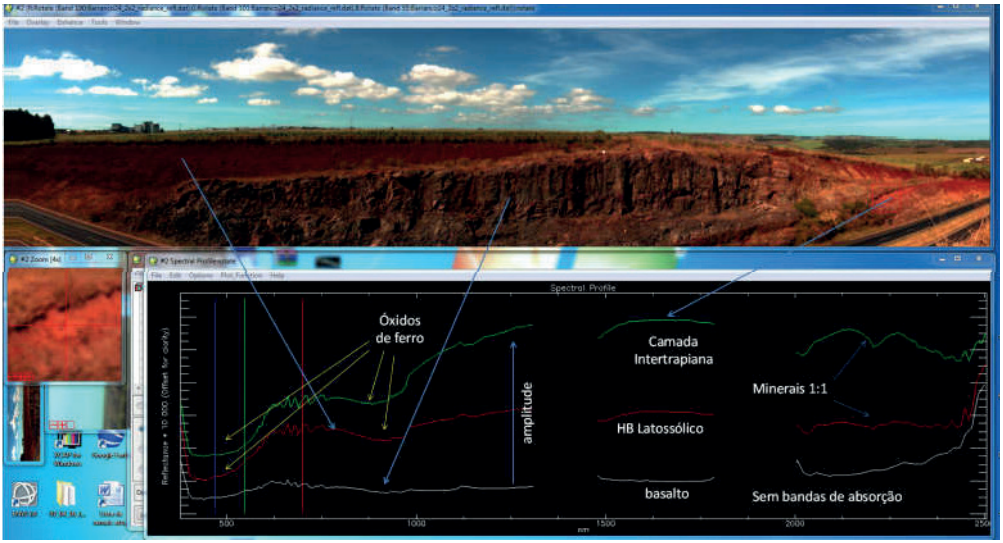


Figura 3. Curvas espectrais de dois materiais geológicos (basalto e camada intertrapiana) e horizonte subsuperficial de um Latossolo Vermelho férrico.

Em relação aos minerais de argila de solos, uma parte dos trabalhos tem sido direcionada ao estudo da caulinita. A curva de reflectância para tais minerais possui bandas centradas em 1400 e 2200 nm, devido às vibrações das moléculas de água e grupos OH das estruturas destes minerais. Como há moléculas de água entre as camadas unitárias na

montmorilonita, bandas de absorções fortes ocorrem também em 1400 e 1900 nm (HUNT E SALISBURY, 1970), pois a banda em1900 nm deve-se às vibrações de moléculas de água.

Observa-se que no caso da camada intertrapiana a banda da absorção da caulinita é bastante evidente, diminuindo no caso do horizonte latossólico e completamente ausente na rocha sã. Comparativamente, a camada intertrapiana apresentou feição bem mais acentuada que a dolatossolo. Tal fato deve-se aos elevados teores de óxidos de ferro nos latossolos que tendem a mascarar tal feição como observado por Nanni (2000).

Não foi observado nenhuma bandade absorção decorrente da presença de carbonatos nas três camadas avaliadas. Mesmo o basalto sendo uma rocha rica em cálcio e magnésio, estes íons encontram-se aprisionados nos sistemas cristalinos dos minerais ferro-magnesianos como piroxênios e anfibólios, não sendo possível a sua detecção no campo.

Observa-se na figura 3 que a amplitude da reflectância aumenta no sentido rochas básicas ® horizonte latossólico ® camada intertrapiana. Tal fato deve-se a maior refletividade da camada intertrapiana composta principalmente pelo quartzo quando comparada ao horizonte latossólico férrico cuja composição apresenta elevados teores de Fe_2O_3 e o basalto cujos minerais não intemperizáveis permitam a formação de bandas de absorção e pela presença de minerais ferromagnesianos em sua composição que tendem a reduzir a sua refletância.

CONCLUSÕES

O sensor AISAFenix, devido à alta resolução espectral, mostrou-se promissor em estudosgeológicos e pedológicos podendo diferenciar materiais geológicos e identificar, por meio de bandas de absorção, a presença de minerais no sistema. Este sensor será uma grande ferramenta nos estudos pedológicos futuros com possibilidade de identificação e separação de diferentes horizontes e camadas dos solos.

AGRADECIMENTOS

À Finaciadora de Estudose Pesquisa (FINEP)pelo apoio na aquisição do sensor hiperespectral AisaFENIX (convênios 01.12.0185.00 e 01.12.0469.00) e espectroradiômetro FieldSpec-3 (convênio 01.09.1567.00).

REFERÊNCIAS

CEZAR,E.; NANNI, M.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; CHICATI, M.L.; OLIVEIRA, R.B.. Estimativa de atributos do solo por meio de espectrorradiometria difusa. Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso), v.37, p. 858-868, 2013.

EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R.; VALERIANO, M.M.; OLIVEIRA, J.B. **Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 132p. 1992.

EXELISVIS. Exelis: **Visual Information Solutions**, 2011.

HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W.Visible and near infrared spectral of minerals and rocks I: Silicate minerals. **Modern Geology**, v.1, p.283-300, 1970.

LEINZ,V.; AMARAL, S.E. Geologia Geral. 10. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1987. 397p.

MADEIRANETTO, J.S. Comportamento espectral dos solos. In: MENESES, P.R.; MADEIRANETTO, J.S.,(Org). **Sensoriamento remoto: reflectância de alvo naturais**. Brasília: Editora UnB; EMBRAPA Cerrados, 2001.p. 127-156.

MENESES, P.R. & MADEIRA NETTO, J.S., orgs. **Sensoriamento remoto: Reflectância dos alvos naturais**. Brasília, UnB/Embrapa Cerrados, 2001. 262p.

MERMUT, A.R.; ESWARAN, H. Some major developments in soils cience since the mid-1960s. **Geoderma,** v.100, p. 403-426, 2001.

NANNI, M. R. Delimitação de unidades fisiográficas para estudo de solos utilizando análise multivariada e técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 1995.180p.

NANNI, M.R. Dados radiométricos obtidos em laboratório e no nível orbital na caracterização e mapeamento de solos. Tese–Doutorado. Universidade de São Paulo. 2000. 480p.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J.C. & REZENDE, S.B. **Mineralogia de solos brasileiros: Interpretação e aplicações**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005. 192p.

RICHTER, R. “Atmospheric and topographic correction for airborne imagery,” 2008, ATCOR-4 **User Guide**, Version 4 .3.

SOUSA JUNIOR, J.G.; DEMATTÊ, J.A.M.; GENÚ, A.M.Comportamento espectral dos solos na paisagem a partir de dados coletados por sensores terrestre e orbital.**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.727-738, 2008.

SOUZA JUNIOR, J.G.A.; DEMATTÊ, J.A.M.; GENÚ, A.M. comportamento espectral dos solos na paisagem a partir de dados coletados por sensores terrestre e orbital. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 32:727-738, 2008.

STONER, E.R.; BAUMGARDNER, M.F. Characteristics variations in reflectance of surface soils.**Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.1161-1165, 1981.

CAPÍTULO 10

ENTREVISTA COMO FERRAMENTA: MAPEAMENTO DO PROCESSO PROJETUAL DE PRODUTOS FEITOS COM RESÍDUOS TÊXTEIS

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 05/04/2021

Dayane Cabral Ziegler
Mestranda em Design na ESDI/UERJ, Programa de Pós Graduação – Escola Superior de Desenho Industrial Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
http://lattes.cnpq.br/1153384306400602

Sydney Fernandes de Freitas
Professor Associado-DE da Escola Superior de Desenho Industrial na Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro - RJ
http://lattes.cnpq.br/4741084994429007

Gisela Costa Pinheiro Monteiro
Professora Adjunta-A na graduação em Desenho Industrial na Universidade Federal Fluminense
Niterói - RJ
http://lattes.cnpq.br/5761691222705294

RESUMO: Este artigo é o resultado de um trabalho feito para a disciplina Técnicas de Pesquisa Qualitativa do mestrado em Design da ESDI. Ele versa sobre o uso da técnica de entrevista em pesquisa científica com abordagem qualitativa. São apresentados referenciais teóricos de Design para Sustentabilidade, Economia Circular e Criativa, desenvolvimento de produtos e reaproveitamento de resíduos têxteis. Representantes de seis empresas brasileiras que utilizam resíduos têxteis como matéria-prima para o desenvolvimento de produtos compõem a amostra entrevistada. No texto é demonstrado como foi feita a qualificação do perfil da amostra, a criação da pauta de entrevistas e a realização das mesmas, assim como os critérios usados para a categorização das respostas, os resultados identificados e as conclusões tiradas sobre o uso das ferramentas formulário e entrevista em pesquisa qualitativa.

PALAVRAS-CHAVE: Design e sustentabilidade; Reaproveitamento de resíduos; Têxteis; Economia Circular; Pesquisa e Metodologia do Design.

INTERVIEW AS A TOOL: MAPPING THE DESIGN PROCESS OF PRODUCTS MADE WITH TEXTILE WASTE

ABSTRACT: This article is the result of an assignment for the Qualitative Research Techniques, a subject of the Master in Design at ESDI. It talks about the use of interviews as a toll in scientific research with a qualitative approach. It presents theoretical references for Sustainability Design, Circular and Creative Economy, product development and textile waste reuse. The interview sample is composed by representatives of six Brazilian companies that use textile waste as raw material for product development. The article details how the sample's profile was qualified, questionnaire's creation and the interviews themselves; as well as the criteria used to categorize the responses, the results identified, and the conclusions about the use of questionnaire and interview as tools in qualitative research.

KEYWORDS: Design and sustainability; Reuse of waste; Textiles; Circular Economy; Research and design methodology.

1 I INTRODUÇÃO

O presente artigo integra uma pesquisa de mestrado em andamento e tem por objetivo demonstrar o uso da entrevista como ferramenta para mapear o processo projetual em pequenas empresas da Economia Criativa e Circular que utilizam resíduos têxteis como matéria-prima principal em sua produção. A população é formada por empresários brasileiros, que são também os responsáveis pela criação de produtos em negócios que utilizam resíduos têxteis como matéria-prima na produção. Desta população foram extraídos seis participantes como amostra.

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil (ABIT, 2020), o setor é o segundo maior empregador da indústria de transformação no Brasil, perdendo apenas para a indústria alimentícia. A Indústria Têxtil, que tem quase duzentos anos de atuação no país, passa por constante modernização e busca adequar-se às demandas atuais dos consumidores por produtos sustentáveis.

É notório o desperdício de materiais têxteis no mundo, tanto industrialmente, com sobras na produção de insumos como tecidos, linhas e aviamentos, quanto na destinação dos produtos com o descarte de roupas e outros têxteis de uso cotidiano. Fato agravado pela competitividade entre as empresas e pelo desenvolvimento tecnológico da área, fazendo com que as roupas cheguem aos consumidores a preços baixos, incentivando o maior consumo e, por conseguinte, o descarte acelerado desses produtos.

De acordo com os dados da ONU Meio Ambiente, anualmente, cerca de 500 bilhões de dólares são desperdiçados apenas com o descarte inadequado de produtos do vestuário (CHIARETTI, 2019). Tais informações são respaldadas pelo relatório *A nova economia têxtil: redesenhando o mundo da moda*, da fundação inglesa Ellen MacArthur, de 2018. Assim, resíduos têxteis são recursos com grande potencial econômico, mas ainda pouco utilizados como insumo industrial no âmbito brasileiro e também mundial. Parte significativa das roupas produzidas é descartada em um curto espaço de tempo. Somado a isso, problemas como a destinação e separação correta dos materiais, além de questões legislativas que não incentivam a reutilização de resíduos, influenciam no seu baixo reaproveitamento pelas indústrias. Mesmo assim, os resíduos têxteis têm chamado atenção de uma parcela da sociedade, atenta às frequentes discussões sobre o tema. A reutilização desses materiais tem fomentado o surgimento de novos negócios inseridos em uma Economia Criativa de Base Circular, em que não há desperdício e os produtos, mesmo após o descarte, permanecem inseridos na cadeia de produção industrial.

Nessa perspectiva, a seção 2 deste artigo versa sobre a fundamentação teórica necessária para compreender aspectos como Economia Criativa, Economia Circular e

Sustentabilidade.

A seção 3 trata da entrevista semiestruturada, instrumento usado para coleta de dados primários nesta pesquisa, assim como da definição do perfil da amostra, da criação da pauta de entrevista, da realização das entrevistas e da categorização das respostas recebidas.

Na seção 4, apresenta-se uma análise do uso das ferramentas formulário e entrevista em pesquisa qualitativa.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO – SUSTENTABILIDADE EM NEGÓCIOS DA ECONOMIA CRIATIVA E CIRCULAR

As novas empresas surgem com o intuito de causar impacto positivo e benefícios socioambientais nos locais onde estão inseridas. Pode-se dizer que o movimento está relacionado aos conceitos de Economia Criativa e Economia Circular, ambos alinhados ao desenvolvimento sustentável. Este, de acordo com Berlim (2016, p. 17), "se baseia em três pilares de igual valor: justiça social, viabilidade econômica e preservação ambiental". Isto quer dizer que, de modo geral, há uma busca por produzir sem desperdício de recursos naturais, com valorização do fator humano através da criatividade.

De acordo com Teixeira e Correa (2015, p. 7-11), a Economia Criativa é um conceito amplo que engloba atividades econômicas ligadas, além da criatividade (como o próprio nome diz), à inovação, à educação, às pesquisas científicas e às pesquisas de desenvolvimento de produtos e serviços. Em resumo, as atividades da Economia Criativa investem na capacidade intelectual, nas habilidades e nos talentos individuais. Vale dizer que parte do conceito de Economia Criativa diz respeito às indústrias criativas: atividades empresariais nas quais o valor econômico está relacionado à exploração da propriedade intelectual.

O outro conceito de interesse para a presente pesquisa é a Economia Circular, que tem como principal característica o aproveitamento total dos materiais em um ciclo fechado, no qual os resíduos servem como insumos para a produção de novos produtos, fazendo oposição ao processo produtivo linear, em que os materiais são descartados e muitas vezes tornam-se fonte de poluição ambiental. Segundo Russo e Berlim (2020, p. 18), a Economia Circular "tem como principais pilares: (a) a criação de designs sem desperdício e poluição; (b) manter os produtos e os materiais sempre em uso; e (c) regenerar os sistemas naturais". Assim, conclui-se que a Economia Circular se espelha na inteligência da natureza, onde todos os recursos são aproveitados.

Diante do exposto, um fator preocupante na dinâmica da Indústria da Moda é a velocidade de produção, fato que vai de encontro à ideia de Economia Circular:

> "O que acontece, na prática, é um fomento a uma cultura descartável. O resultado é uma aceleração na produção das peças em relação ao timing das estações, fazendo com que surjam coleções de produtos baratos,

> imediatamente expostos nas lojas. Com esta prática, as peças tornam-se rapidamente desatualizadas, o que estimula o consumo de coisas que as pessoas talvez nunca venham a usar." (ROSENTHAL, 2010, p. 85 *apud* MONTEIRO, 2018, p. 82).

Essa produção acelerada agrava o problema da geração de resíduos têxteis, pois consumidores ávidos por novidades tendem a se desfazer rapidamente de roupas que se tornam fora de moda. No entanto, Monteiro (2018, p. 84) esclarece que é preciso fazer o contraponto, visto que também existem clientes preocupados com a origem dos materiais, com a produção honesta e com o resíduo gerado tanto pela produção quanto pelo descarte das roupas.

Pelos motivos expostos, entende-se o porquê da Economia Criativa e da Economia Circular serem alicerçadas sobre os pilares da sustentabilidade. Com isso, autores de diversas áreas têm suas definições particulares para sustentabilidade. Neste artigo, interessam as abordagens pertinentes aos campos do design e do processo projetual de produtos. Assim, um sistema autossustentável é um sistema que não tira do meio ambiente mais do que possa repor; busca satisfazer suas necessidades mantendo a exploração saudável e equilibrada dos recursos naturais, sem o comprometimento das gerações futuras (RUSSO; BERLIM, 2020, p. 45). No mesmo sentido, para Thackara (2008, p. 30), a maioria das soluções sustentáveis é composta de práticas sociais. Isso explica um número expressivo de empresas que têm surgido objetivando atuar segundo essas premissas. Dentre elas, há as que utilizam resíduos têxteis em seus processos criativos e produtivos. Com esse objetivo, muitas empresas dependem direta ou indiretamente de soluções que passam pelo Design, que tratam do reaproveitamento de materiais para a produção de novos produtos.

Mapear as metodologias usadas por essas empresas possibilitará uma organização do conhecimento, favorecendo a entrada de novos empresários na área de desenvolvimento de produtos com resíduos têxteis como matéria-prima. Pazmino (2010, p. 117) esclarece que: "para termos um produto são necessários passos, racionais e intuitivos, que o designer ou equipe de projeto realizam até alcançar o resultado final, uma solução projetual". Assim, as soluções projetuais para produtos que utilizam resíduos como matéria-prima são muito particulares e dependem de profundo conhecimento do ciclo de vida do material e do processo produtivo usado em sua fabricação.

Nesse contexto, o foco deste artigo é o Design para Sustentabilidade, área do Design que visa a criação de produtos, processos e serviços que utilizam os recursos naturais e humanos da forma mais eficiente possível – com o intuito de minimizar os danos ambientais e sociais decorrentes do sistema de produção e consumo atuais –, buscando impactar a sociedade de forma positiva.

Sendo assim, os assuntos apresentados serviram como embasamento teórico para a criação da pauta de entrevistas, aplicada posteriormente aos responsáveis criativos de

empresas brasileiras que usam resíduos têxteis no desenvolvimento de produtos.

3 | ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

A entrevista tem como objetivo mapear os processos de desenvolvimento de produtos e as práticas produtivas de negócios brasileiros da Economia Criativa e Circular que utilizam resíduos têxteis como matéria-prima.

Definiu-se como o universo da pesquisa pequenos negócios e a população formada por empreendedores individuais brasileiros que utilizam resíduos têxteis como insumo em sua produção.

O conhecimento preliminar do recorte da pesquisa viabilizou a proposição da seguinte questão: "Como as metodologias projetuais do design podem contribuir com negócios do campo da Economia Criativa e Circular que utilizam resíduos têxteis como matéria-prima?" Para esclarecer o assunto e identificar metodologias de design que se manifestam como mais relevantes nesses negócios, optou-se por utilizar entrevistas semiestruturadas com uma pauta composta por seis perguntas, que tem por objetivo central investigar como as empresas desenvolvem produtos reutilizando resíduos têxteis.

Sobre a entrevista semiestruturada, Flick (2009, p. 143) argumenta que: "É mais provável que os pontos de vista dos sujeitos entrevistados sejam expressos em uma situação de entrevista com um planejamento aberto do que em uma entrevista padronizada ou em um questionário." Esse modelo de entrevista permite seguir um roteiro previamente desenvolvido para auxiliar na resposta à questão de pesquisa, e também possibilita que durante a conversa com o entrevistado se aprofunde pontos em que ele demonstre ter mais conhecimentos e possa contribuir de forma consistente para a investigação.

A população é formada por empresários brasileiros, que são também os responsáveis pela criação de produtos em negócios que utilizam resíduos têxteis como matéria-prima na produção. Desta população, foram extraídos 6 (seis) participantes como amostra.

3.1 Perfil da Amostra

A amostra entrevistada é composta por seis empresários, que são também os responsáveis pelo desenvolvimento de novos produtos em negócios da Economia Criativa e Circular. A seleção foi motivada pela disponibilidade na internet de informações sobre as práticas sustentáveis dessas empresas. Associado a isso, foram feitos contatos para saber da disponibilidade delas em participar das entrevistas.

O perfil levantado de forma assistemática é majoritariamente feminino, formado por micro e pequenas empresas, com diretores na faixa etária de 34 a 55 anos, com formação nas áreas de Moda, Arquitetura, Artes, Turismo e Gestão Ambiental. As empresas escolhidas estão localizadas nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil, produzem artigos de moda e decoração, e reutilizam variados tipos de têxteis.

A tabela a seguir apresenta as empresas que fazem parte da amostra com seus respectivos locais de sede, faixa etária e formação acadêmica dos empresários, assim como o tipo de resíduo têxtil utilizado e o artefato produzido.

Empresa	Local	Idade	Formação Acadêmica	Resíduo usado	Artefato
1	SC	40-45	Psicologia e Moda	malha e cadarços industriais	objetos decorativos
2	SC	35-40	Turismo	sarja e nylon de confecções	bolsas e jaquetas
3	PE	50-55	Serviço Social e Moda	tecidos da própria confecção	roupas e acessórios
4	RJ	30-35	Moda	roupas jeans descartadas	roupas e acessórios
5	RJ	40-45	Arquitetura	tecido de vela de kitesurf	jaquetas
6	RS	35-40	Moda	tecido de guarda-chuvas e câmaras de pneus	jaquetas, bolsas e mochilas

Tabela 1: Amostra da população

A partir das informações da tabela, pode-se inferir que um fator a ser considerado é o acesso à matéria-prima: as empresas que utilizam resíduos de produção dos insumos estão próximas a regiões com indústrias têxteis, como as empresas 1 e 2, que são catarinenses e estão localizadas no Vale do Itajaí, região Sul bastante industrializada. Já as empresas que utilizam resíduos de destinação dos produtos, objetos que foram usados pelo consumidor final e descartados, estão próximas a grandes centros consumidores, como as empresas 4 e 5 localizadas na cidade do Rio de Janeiro.

3.2 Pauta de entrevista

Para coletar informações sobre os entrevistados foram usados dois instrumentos: o formulário e a pauta. A princípio, para qualificar o perfil da amostra, usou-se um formulário composto por oito itens preenchidos a partir de informações encontradas nos sites e nas redes sociais das empresas selecionadas. O objetivo do formulário foi organizar informações primárias e a partir destas qualificar o perfil da amostra. Seguem os itens que o compõe: nome da empresa, local, idade do idealizador, formação acadêmica, tipo de resíduo têxtil usado, tipo de artefato produzido, início das atividades e se a empresa é formalizada.

O outro instrumento utilizado para coletar informações foi a pauta de entrevista, composta por seis perguntas divididas em quatro temas: uso de resíduos têxteis, processo de desenvolvimento de produtos, comunicação com o público e implicações da pandemia de Coronavírus para o seu negócio.

A abordagem metodológica utilizada para a definição das perguntas da pauta de

entrevistas foi baseada nas três variáveis: objetivo, justificativa e fundamentação teórica. Cada pergunta foi testada, quanto à validade do seu objetivo e justificativa para responder à questão de pesquisa e orientar o levantamento bibliográfico. Para o embasamento teórico das perguntas da pauta foram pesquisados artigos das áreas de Design de Produto, Design e Sustentabilidade, Economia Circular, Economia Criativa e Marketing voltado à Sustentabilidade.

Com a finalidade de testar a validade das perguntas da pauta, foram realizadas entrevistas-teste com três alunas de semestres mais avançados do mestrado e do doutorado da ESDI nos dias 1º a 3 de julho de 2020. As entrevistas duraram em torno de trinta minutos, foram feitas via aplicativo de vídeo para reuniões e foram gravadas para posterior consulta e transcrição. Esses testes trouxeram várias contribuições para a pauta e colaboraram para identificar uma pergunta que poderia levar à resposta sim ou não, o que não é desejado em uma entrevista. Além da necessidade de reformulação do questionário, a realização do teste mostrou a oportunidade de acrescentar uma questão acerca da pandemia de Coronavírus. Isso porque o atual momento se impõe à pesquisa e, provavelmente, está gerando mudanças nos processos projetuais, na produção e na venda dos produtos nas empresas pesquisadas.

As entrevistas com a população pesquisada foram realizadas de 2 (dois) a 14 (catorze) de setembro de 2020, com duração média de quarenta minutos, via aplicativo de vídeo para reuniões, e foram gravadas para posterior consulta e transcrição.

3.3 Transcrição e categorização das respostas da entrevista

O processo de transcrição das entrevistas consistiu em escrever os trechos considerados mais relevantes com a anotação do tempo da fala na gravação, possibilitando uma nova consulta de forma rápida, se necessário. Posteriormente, o texto foi digitado em software específico e revisado.

As respostas foram analisadas com o objetivo de identificar as palavras-chave com maior relevância para responder à questão de pesquisa: “Como as metodologias projetuais do design podem contribuir com negócios do campo da Economia Criativa e Circular que utilizam resíduos têxteis como matéria-prima?”

No primeiro momento foram identificadas vinte e duas palavras relacionadas ao assunto, em seguida, passou-se a reunir palavras correlatas e com significados similares, chegando-se a sete palavras-chave, que se tornaram as categorias para as respostas: 1) fatores motivadores; 2) contar uma história; 3) desenvolvimento responsável dos produtos; 4) métodos para solução de problemas; 5) relacionamento e comunicação; 6) educação dos clientes para sustentabilidade; e 7) economia criativa e circular.

A análise das perguntas coloca em primeiro lugar o objetivo da pergunta, em segundo, os resultados alcançados, e, por fim, os exemplos das falas dos entrevistados

que corroboram os resultados.

Objetivo da primeira pergunta: identificar os fatores motivadores do uso de resíduos têxteis como matéria-prima nas empresas pesquisadas. Foram identificados três fatores motivadores comuns aos entrevistados. **Resultados:** A) Disponibilidade de resíduo têxtil; B) Preocupação com o impacto ambiental gerado pelo resíduo; e C) Desejo de empreender com sustentabilidade e impacto social positivo. **Fala dos entrevistados:** "Busquei formas mais sustentáveis de trabalhar com o jeans" (entrevistado 4); "Começamos a estudar os resíduos e os materiais, [se] seria viável a câmara de pneu para substituir o couro e nylon de guarda-chuvas para fazer os forros das bolsas" (entrevistado 6).

Objetivo da segunda pergunta: identificar se a filosofia da empresa está guiada pela sustentabilidade, com o desenvolvimento responsável de novos produtos, pensando em um ciclo de vida estendido ou se ela apenas utiliza resíduos em sua produção, mas continua produzindo na lógica da economia linear. **Resultado:** as empresas desenvolvem produtos independentes dos calendários ditados pelo mercado, atuam a partir de demandas e desejos internos e também pela disponibilidade de novos tipos de resíduos. **Fala dos entrevistados:** "Primeiro, se é um produto circular, pensando no descarte; segundo, analisamos funcionalidade versus utilidade, não geramos um produto só por gerar, não seguimos modismo" (entrevistado 6).

Objetivo da terceira pergunta: mapear os processos usuais de desenvolvimento de novos produtos nas empresas pesquisadas. **Resultado:** pelo fato de as empresas usarem como matéria-prima materiais que foram fabricados para outras finalidades, elas precisaram criar soluções próprias para realizar seus projetos. Para isso, foi importante o conhecimento dos materiais para que pudessem criar designs ressaltando seus pontos fortes e diminuindo a possibilidade de gerar defeitos. Assim, a metodologia projetual relaciona-se ao tipo de resíduo utilizado. **Fala dos entrevistados:** "Tudo parte do resíduo, dele vem a parte de pesquisa, depois [peça] piloto, depois testes de laboratório e de uso" (entrevistado 6).

Objetivo da quarta pergunta: investigar como as empresas trabalham e aperfeiçoam os aspectos ligados à qualidade de seus produtos, minimizando os defeitos e os problemas de fabricação, assim como os problemas de usabilidade. **Resultado:** as empresas costumam trabalhar com modelagens perenes. Em alguns casos, são as mesmas desde o início da marca, fato que possibilita conhecer bem o produto. Por meio da comunicação com o público, elas buscam saber se os defeitos ocorreram e, a partir disso, resolvem problemas projetuais e de fabricação. **Fala dos entrevistados:** "Usamos materiais que nasceram para outras finalidades, precisamos testar mais do que os produtos convencionais" (entrevistado 6). "O modelo da jaqueta é amplo para não oferecer resistência aos movimentos e não esgarçar, respeitando a dinâmica do tecido, que não tem elasticidade" (entrevistado 5).

Objetivo da quinta pergunta: investigar como as empresas se comunicam e

interagem com o público. **Resultado:** as empresas se comunicam com o público de forma direta, principalmente pelas redes sociais, aplicativos de mensagens e e-mail marketing. O relacionamento com o cliente é um ativo muito importante, pois as empresas buscam fidelizar seus clientes, que, na maioria das vezes, pactuam com os valores de preocupação ambiental e consumo consciente. No conteúdo de sua comunicação, elas apresentam suas práticas sustentáveis, assim como mostram o processo de criação e produção de seus produtos, enfatizando questões como respeito ao meio ambiente, aos recursos naturais e às pessoas envolvidas no desenvolvimento e confecção dos produtos. **Fala dos entrevistados:** "Eu tento ser a mais próxima possível do meu cliente" (entrevistado 2). "O cliente é chamado de *vuelista* [apelido dado a partir do nome da marca], uma grande comunidade que se formou a partir da marca" (entrevistado 6).

Objetivo da sexta pergunta: observar como as empresas têm enfrentado a pandemia de Coronavírus e qual o potencial de reinvenção e de reposicionamento no mercado que esse momento está trazendo. **Resultado:** as empresas reagiram à quarentena imposta pela pandemia de formas diferentes. A empresa 2 se reposicionou e passou a produzir máscaras, a princípio em processo de mutirão para distribuição na cidade. Mais tarde, passou a receber encomendas de empresas da região. As empresas 4, 5 e 6 aproveitaram o período como uma pausa para rever suas práticas. A responsável pela empresa 1 aproveitou a oferta de palestras e cursos online para atualizar seus conhecimentos. E a empresa 3 parou a produção e fechou as lojas físicas por um período, mas continuou com as vendas online. **Fala dos entrevistados:** "Tive acesso a palestras e cursos pelas lives do Instagram" (entrevistado 1). "Durante a pandemia, a questão da sustentabilidade passou a ser vista com outros olhos. Antes era vista como um custo para a empresa, hoje é necessária" (entrevistado 2).

4 | CONCLUSÕES – AVALIAÇÃO DO USO DA ENTREVISTA EM PESQUISA QUALITATIVA

O formulário e a entrevista, utilizados na coleta de dados sobre a amostra da população pesquisada, foram considerados ferramentas valiosas. Eles serviram para nortear a fase inicial da pesquisa de mestrado, em andamento, e solidificar a validade dessa investigação dentro da área do Design para Sustentabilidade.

Além disso, por meio da criação da pauta de entrevista – com a abordagem das três variáveis, a saber, objetivo, justificativa e referencial teórico –, pode-se aprimorar os aspectos relevantes para a pesquisa, pensar em quais perguntas seriam pertinentes para conhecer em profundidade o trabalho dos entrevistados e responder à questão de pesquisa.

Também foi possível rever pontos da pauta a partir das sugestões de três discentes do Programa de Pós-graduação da ESDI que participaram das entrevistas-teste. Isso demonstrou que testes feitos com pequenos grupos, desde que formados por pessoas que já conheçam a ferramenta entrevista, são proveitosos tanto para o aperfeiçoamento da

pauta quanto para trazer segurança ao entrevistador na futura condução das entrevistas com a amostra selecionada.

Observou-se, ainda, que o material levantado na pesquisa de campo foi suficiente e possibilitou estruturar uma análise sobre: os tipos de resíduos mais usados em determinadas regiões; o tipo-de-mão de obra que faz os produtos; os fatores determinantes para a criação de novos produtos; quais as formas de comunicação com o público usada e a possibilidade de expansão na área desse tipo de negócio.

Percebeu-se que mesmo entrevistando-se uma pequena amostra, composta por seis empresários, foi possível levantar dados significativos, não encontrados em pesquisas bibliográficas realizadas até então, que dizem respeito a uma parcela muito específica do empresariado brasileiro, ratificando a eficácia da ferramenta entrevista em pesquisas qualitativas.

Concluída esta etapa de trabalho, ficou claro que os dados obtidos nas entrevistas são relevantes, mas ainda existem informações a serem extraídas da fala dos entrevistados em uma próxima análise, amadurecida pelo conhecimento das categorias e das peculiaridades de cada empresa pesquisada. Enfatiza-se que a pesquisa qualitativa é enriquecida pelo processo de retroalimentação: em que a pesquisa de campo apresenta dados que ainda não tinham sido pensados pelo pesquisador, levando a novas pesquisas bibliográficas, em um processo de incremento do conhecimento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço as empresas entrevistadas que compartilharam suas experiências na reutilização de resíduos têxteis.

Agradeço ao corpo docente da ESDI pela perseverança nas aulas, mesmo com as dificuldades ocasionadas pela pandemia de Coronavírus.

REFERÊNCIAS

ABIT 2020. **Perfil do setor**. Disponível em: https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor. Acesso em: 19 jan. 2021.

BERLIM, Lilyan. **Moda e Sustentabilidade:** uma reflexão necessária. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016.

CHIARETTI, Daniela. Indústria da moda polui mais que navios e aviões. **Valor Econômico**. Quênia, 21 mar. 2019. Disponível em: https://valor.globo.com/empresas/coluna/industria-da-moda-polui-mais-que-navios-e-avioes.ghtml. Acesso em: 14 abr. 2019.

FLICK, Uwe. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Art-med, 2009.

MONTEIRO, Gisela Costa Pinheiro. **O designer como o responsável por preservar a identidade da marca ao longo da produção das coleções de moda.** 2018. 445 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola Superior de Desenho Industrial, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

PAZMINO, Ana Veronica. **Modelo de ensino de métodos de design de produtos**. 2010. 2v. 454 f. Tese (Doutorado em Design) – Pontífice Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

RELATÓRIO. **A nova economia têxtil:** redesenhando o mundo da moda. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/act/make-fashion circular. Acesso em: 20 jun. 2020.

RUSSO, Beatriz; BERLIM, Lilyan (org.). **Políticas periféricas para um design responsável**. Rio de Janeiro: E-papers, 2020.

TEIXEIRA, Eduardo Ariel; CORRÊA, Sílvia Borges (org.). **Economia criativa**. Rio de Janeiro: E-papers, 2015.

THACKARA, John. **Plano B:** o design e as alternativas viáveis em um mundo complexo. São Paulo: Saraiva; Versar, 2008.

CAPÍTULO 11

MODELAGEM MATEMÁTICA DO PRÉ-TRATAMENTO HIDROTÉRMICO DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR CONSIDERANDO A FRAÇÃO RECALCITRANTE DA CELULOSE

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 21/05/2021

Gustavo Batista
Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8836630048612519

Martha Suzana Rodrigues dos Santos Rocha
Instituto Federal de Alagoas - Campus Penedo
Penedo - Alagoas
http://lattes.cnpq.br/8946724877286549

Cristiane Sanchez Farinas
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Instrumentação
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/9933650905615452

Antonio José Gonçalves da Cruz
Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química
São Carlos – São Paulo
http://lattes.cnpq.br/1812806190521028

RESUMO: Neste trabalho foi realizado um aprimoramento do modelo matemático proposto por Santos-Rocha et al. (2017) para descrever o pré-tratamento hidrotérmico da palha de cana-de-açúcar. O novo modelo proposto incorporou o efeito da recalcitrância da celulose através do parâmetro α. Os resultados mostraram aderência superior das respostas desse modelo na previsão dos dados experimentais de degradação da celulose quando comparado à modelagem original. O valor do parâmetro α diminuiu com o aumento da temperatura, indicando que o emprego de temperaturas mais elevadas gerou maior fracionamento percentual da celulose inicial da biomassa.
PALAVRAS-CHAVE: Pré-tratamento hidrotérmico, palha de cana-de-açúcar, modelagem matemática, celulose recalcitrante.

MATHEMATICAL MODELING OF HYDROTHERMAL PRETREATMENT OF SUGARCANE STRAW CONSIDERING THE RECALCITRANT CELLULOSE FRACTION

ABSTRACT: This work aims to improve the mathematical model proposed by Santos-Rocha et al. (2017) to describe the hydrothermal pretreatment of sugarcane straw. The new proposed model incorporates the effect of cellulose recalcitrance through an *α* parameter. When compared to the experimental data, the obtained results showed better fitting in the prediction of cellulose degradation when compared to the original modeling. The value of *α* parameter decreased with increasing temperature, indicating that the use of higher temperatures generated higher fractionation percentages of the initial cellulose in the biomass.
KEYWORDS: Hydrothermal pretreatment, sugarcane straw, mathematical modeling, recalcitrant cellulose.

1 I INTRODUÇÃO

A etapa de pré-tratamento é considerada uma das mais importantes do processo de conversão lignocelulósica. A celulose, principal polímero derivado de biomassas, é fonte potencial para muitos tipos de produtos químicos, como glicose, hidroximetilfurfural e ácido levulínico. Todavia, nem toda porção celulósica é facilmente hidrolisável. Regiões de celulose cristalina são caracterizadas por uma rede de ligação de hidrogênio altamente ordenada, tornando-as resistentes aos processos de degradação química e biológica como a maioria dos pré-tratamentos (Hall *et al.*, 2010; Möller *et al.*, 2013).

A quantificação da fração cristalina da celulose para diferentes processamentos e biomassas é investigada na literatura através de procedimentos experimentais (Deguchi *et al.*, 2008; Möller *et al.*, 2013) e modelos matemáticos de razoável complexidade (Yan *et al.*, 2014). Não obstante, a utilização de modelos matemáticos simplificados pode fornecer novas diretrizes sobre as interações existentes nas reações químicas e indicar condições otimizadas de operação para a etapa de pré-tratamento (Santos-Rocha *et al.*, 2017).

O objetivo deste trabalho é propor uma modificação no modelo matemático semi-mecanístico para o pré-tratamento hidrotérmico (PTH) da palha de cana-de-açúcar apresentado por Santos-Rocha *et al.* (2017), de forma que este represente em seus termos a diferente susceptibilidade da fração cristalina da celulose ao processamento. Os resultados obtidos por este novo modelo foram comparados aos dados experimentais e com os resultados previstos pelo modelo original.

2 I METODOLOGIA

Este trabalho utiliza-se de dados experimentais obtidos previamente no grupo de pesquisa LaDaBio (Laboratório de Automação de Bioprocessos do PPGEQ – UFSCar) para o pré-tratamento hidrotérmico (PTH) da palha de cana-de-açúcar, em reator batelada, nas temperaturas de 180, 195 e 210 °C e fração sólido/líquido de 1:10 (massa:volume) (Santos-Rocha *et al.*, 2017). Propõe-se um conjunto de reações químicas irreversíveis para representar a quebra da fração celulósica da biomassa a oligômeros, monômeros, hidroximetilfurfural (HMF) e aos produtos de degradação posteriores (Figura 1). Assumiu-se assim que não houve limitações difusivas no meio reacional. Adicionalmente, a celulose total inicial da biomassa (C_{TI}) foi representada por duas frações distintas: uma delas não sensível à hidrólise nas condições do PTH, denominada celulose *recalcitrante,* C_R (supõe-se que a celulose cristalina estaria majoritariamente contida nesta fase), e a outra fração passível de hidrólise nas condições do PTH, denominada celulose *fracionável,* C_F (assume-se que elevado conteúdo da celulose amorfa estaria nesta fração). Modelagem cinética semi-mecanística alternativa àquela descrita no trabalho de Santos-Rocha *et al.* (2017) é proposta, sendo baseada em modelos cinéticos de 1ª ordem para as reações químicas ilustradas na Figura 1 (Equações 1, 2, 3, 4, e 5), incorporando um fator α à Equação 1 que corresponde matematicamente à fração percentual

de celulose *recalcitrante* no meio reacional. Nas Equações 1 a 5, *C* refere-se à concentração de celulose obtida experimentalmente para cada tempo *t* do PTH. Ademais, a nomenclatura dos componentes é apresentada na Figura 1, sendo k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 e k_6 os parâmetros cinéticos do modelo para as reações químicas. Estes parâmetros foram estimados a partir do ajuste do modelo.

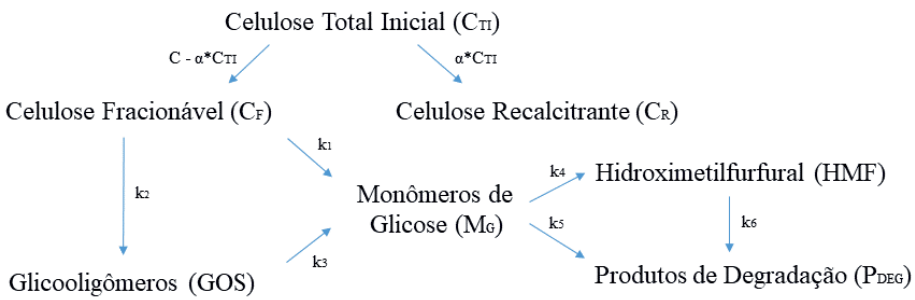


Figura 1 – Cinética das reações envolvidas no processo de pré-tratamento hidrotérmico (PTH) da palha de cana-de-açúcar.

$$C_F = C - \alpha * C_{TI} \quad (1)$$

$$\frac{d(C_F)}{dt} = -(k_1 + k_2) * C_F \quad (2)$$

$$\frac{d(GOS)}{dt} = k_2 * C_F - k_3 * GOS \quad (3)$$

$$\frac{d(M_G)}{dt} = k_1 * C_F + k_3 * GOS - (k_4 + k_5) * M_G \quad (4)$$

$$\frac{d(HMF)}{dt} = k_4 * M_G - k_6 * HMF \quad (5)$$

A estimativa dos parâmetros do modelo matemático descrito pelas Equações 1 a 5 foi realizada no software EMSO (*Environment for Modeling, Simulation, and Optimization)* v10.9 empregando a função *Estimation*. O algoritmo de estimativa usado foi o IPOPT (*Internal Point Optimizer).*

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos para o modelo cinético proposto neste trabalho (Equações 1 a 5) e para modelo proposto por Santos-Rocha et al. (2017) para modelagem do PTH da palha de cana-de-açúcar em três diferentes temperaturas (180, 195 e 210 °C).

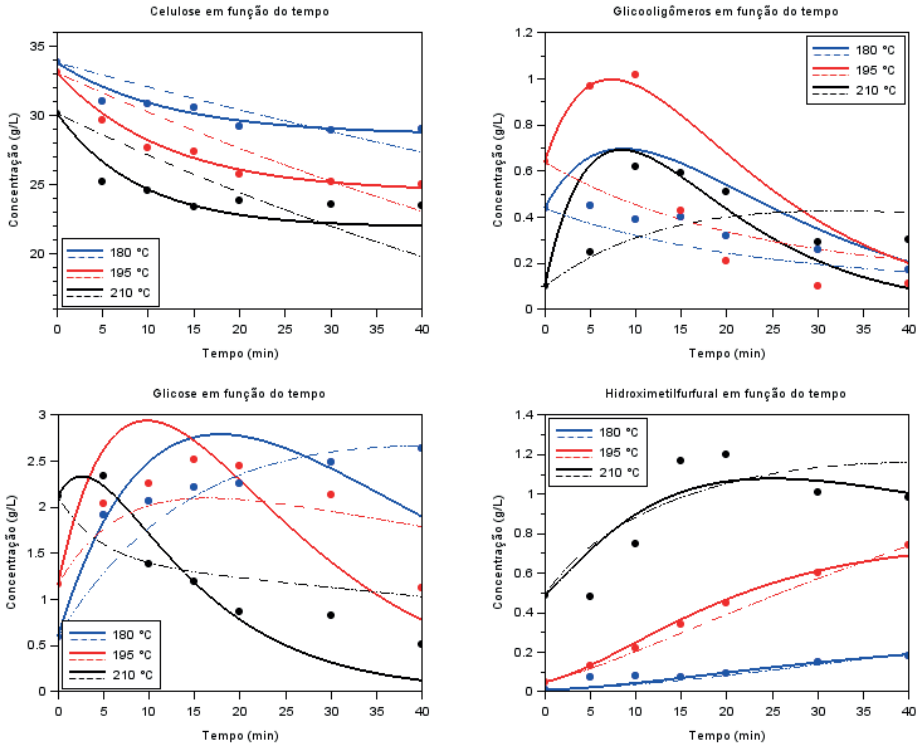


Figura 2 – Concentrações de (a) Celulose; (b) Glicooligômeros; (c) Glicose e (d) Hidroximetilfurfural ao longo do tempo para os dados experimentais (pontos) e respostas obtidas pelo modelo proposto neste trabalho (Equações 1 a 5 - curvas contínuas) e do modelo proposto por Santos-Rocha *et al.* (2017) (curvas tracejadas).

Comparado ao modelo cinético proposto no trabalho de Santos-Rocha *et al.* (2017), o modelo proposto neste trabalho apresentou maior aderência aos dados experimentais de degradação da celulose ao longo do tempo, sendo também capaz de predizer com boa precisão as concentrações dos outros compostos de degradação ao longo do tempo. Enquanto o modelo de Santos-Rocha *et al.* (2017) apresentou desvio percentual médio (DPM) de 39,73% em relação aos dados experimentais da celulose em função do tempo, o modelo proposto neste trabalho apresentou DPM de 12,68%. A Tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros cinéticos e os valores do parâmetro *α* obtidos para as diferentes temperaturas avaliadas. Enquanto os parâmetros relacionados às reações químicas (k1 a k6) aumentaram com o aumento da temperatura T no PTH, o valor de α diminuiu com o aumento de T, indicando que uma maior fração de celulose ficou disponível para degradação e formação de produtos posteriores. Desta forma, pode-se afirmar que a elevação da temperatura no PTH reduziu a fração percentual de celulose recalcitrante no meio reacional e consequentemente mais celulose fracionável ficou disponível para gerar monômeros, oligômeros e produtos de degradação nas reações químicas.

Temp. PTH	k1 (1/min)	k2 (1/min)	k3 (1/min)	k4 (1/min)	k5 (1/min)	k6 (1/min)	α
180 °C	0,0604	0,0205	0,0760	0,0020	0,0406	0,0014	0,846
195 °C	0,0622	0,0215	0,1003	0,0083	0,1054	0,0015	0,740
210 °C	0,0858	0,0242	0,1137	0,0226	0,2264	0,0106	0,727

Tabela 1 – Parâmetros cinéticos e parâmetro de recalcitrância α para o modelo proposto

4 I CONCLUSÕES

A proposição de uma equação contemplando parâmetro relativo à recalcitrância da celulose (*α*) ao modelo semi-mecanístico de Santos-Rocha *et al.* (2017) possibilitou obter uma maior aderência do modelo aos dados experimentais do pré-tratamento hidrotérmico da palha de cana-de-açúcar. A fração recalcitrante de celulose no meio reacional diminuiu com o aumento da temperatura no PTH.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflitos de interesse que poderiam constituir em impedimento para a publicação deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo 140761/2017-9) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (Processo 2016/10636-8) pelo auxílio financeiro. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

DEGUCHI, S. TSUJII, K. HORIKOSHI, K. **Crystalline-to-amorphous transformation of cellulose in hot and compressed water and its implications for hydrothermal conversion**. *The Royal Society of Chemistry - Green Chemistry,* v. 10, p. 191-196, 2008.

HALL, M. BANSAL, P. LEE, J.H. REALFF, M.J. BOMMARIUS, A.S. **Cellulose crystallinity – a key predictor of the enzymatic hydrolysis rate**. The FEBS Journal, v. 277, p. 1571-1582, 2010.

MOLLER, M. HARNISCH, F. SCHRODER, U. **Hydrothermal liquefaction of cellulose in subcritical water - the role of crystallinity on the cellulose reactivity**. RSC Advances - The Royal Society of Chemistry, v. 3, p. 11035-11044, 2013.

SANTOS-ROCHA, M.S.R. PRATTO, B. SOUSA JR, R. ALMEIDA, R.M.R.G. CRUZ, A.J.G. **A kinetic model for hydrothermal pretreatment of sugarcane straw**. *Bioresource Technology,* v. 228, p. 176-185, 2017.

YAN, L. GREENWOOD, A.A. HOSSAIN, A. YANG, B. **A comprehensive mechanistic kinetic model for dilute acid hydrolysis of switchgrass cellulose to glucose, 5-HMF and levulinic acid**. RSC Advances - The Royal Society of Chemistry, v. 4, p. 23492-23504, 2014.

CAPÍTULO 12

MODIFICAÇÃO DE AMIDO DE BATATA DOCE E MANDIOCA POR TRATAMENTO HIDROTÉRMICO

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 05/04/2021

Carmen Cecília Gomes Borges Padula
Graduada pelo Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
Bauru - São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8821145848259027

Ana Paula Cerino Coutinho
Docente do Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)
Bauru - São Paulo
http://lattes.cnpq.br/8490860179561406

RESUMO: O amido nativo apresenta certas limitações que dificultam a sua utilização; assim, podem ser modificados visando adquirir características desejáveis às exigências industrias. A modificação física do amido, anelamento, vem crescendo devido à demanda por produtos mais naturais, e também por induzir modificações estruturais que melhoram suas características funcionais. O objetivo deste trabalho foi produzir amidos modificados de batata-doce e de mandioca por tratamento hidrotérmico (anelamento) e verificar a sua estabilidade ao congelamento e descongelamento, poder de inchamento e índice de solubilização. Os amidos das diferentes fontes botânicas foram suspensos em água (50% p/v) por 48 horas, a 50, 55 e 60º C. As amostras úmidas foram depositadas em uma bandeja e depois foram colocadas em estufa nas diferentes temperaturas. Em seguida, as amostras foram recuperadas e secas em estufa a 40ºC, por 24 horas, e o produto foi armazenado em temperatura até a realização das análises. Após análise dos resultados concluiu-se que a modificação física de anelamento dos amidos de mandioca e batata doce influenciou as propriedades dos amidos. O poder de inchamento foi influenciado pela temperatura e também pelas espécies botânicas dos amidos. Também se verificou que com o aumento da temperatura aumentou o índice de solubilidade em todos os amidos estudados. Na sinérese foi possível observar que os amidos de mandioca apresentaram maiores valores quando comparado com a batata doce, verificando que esse amido possui maior estabilidade aos ciclos de congelamento e descongelamento devido à menor liberação de água.

PALAVRAS-CHAVE: Anelamento, amido, propriedades físicas.

MODIFICATION OF SWEET POTATO AND CASSAVA STARCH BY HYDROTHERMAL TREATMENT

ABSTRACT: Native starch has limitations that make it difficult to use, so it can be modified to acquire desirable characteristics to industrial requirements. The physical modification, annealing, has been growing due to the demand for more natural products, and for inducing structural modifications in the granules of starches that improve their functional characteristics. The objective of this study was to produce modified sweet potato and cassava starches by hydrothermal treatment (annealing) and verify their stability to freezing and thawing, swelling

power and solubilization index. Starches from the different botanical sources were suspended in water (50% w/v) for 48 hours at 50, 55 and 60 ° C. The wet samples were put on a tray and then placed in an oven at different temperatures. Following that, the samples were recovered and dried in an oven at 40 ° C for 24 hours, and the product was stored in temperature until the analyzes were carried out. After analysis of the results, it was concluded that the physical modification of the annealing of the cassava and sweet potato starches influenced the properties of the starches. The swelling power was influenced by the temperature, and also by the botanical species of the starches. It has also been found that with increasing temperature, the solubility index increases in all studied starches. In the syneresis, it was possible to observe that cassava starches presented higher values when compared to sweet potatos, verifying that this starch has greater stability to the cycles of freezing and thawing due to the lower water release.
KEYWORDS: Annealing, starch, physical properties.

1 I INTRODUÇÃO

O amido pode ser encontrado em abundância na estrutura de todos os vegetais, ou seja, raízes, caules, sementes e frutas. Para a planta tem a função de fornecer energia, principalmente nos períodos de dormência e germinação, e na dieta humana o amido é a principal fonte de carboidrato (ALMEIDA, 2009). As fontes mais comuns de amido são o milho, a batata, o trigo, a mandioca e o arroz.

Industrialmente, o amido é considerado como uma matéria prima abundante, e está disponível em quantidades suficientes para ser extraído por processos industriais com elevada pureza. Trata-se de uma matéria-prima renovável e não tóxica (SANTOS, 2012).

Na indústria de alimentos, o amido confere várias características físicas no produto final gerando alterações ou controlando suas características funcionais. Dentre elas estão a textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade no tempo de prateleira. O amido ainda pode ser usado como auxiliar em processos, na composição de embalagens e na lubrificação (CEREDA, 2002).

As propriedades físico-químicas e funcionais dos amidos são influenciadas pela fonte botânica que o originou e a estrutura granular e molecular (SINGH *et al.*, 2003).

Estruturalmente, o amido é um polissacarídeo que, por hidrólise, originam uma grande quantidade de monossacarídeos, a glicose. Os grânulos de amido são compostos por cadeias de amilose e amilopectina (ALMEIDA, 2013).

Incialmente acreditava-se que a amilose possuía estrutura exclusivamente linear, mas admite-se que algumas de suas moléculas possuem ramificações, semelhantes à amilopectina. As proporções em que estas estruturas aparecem diferem entre as diversas fontes, entre variedades de uma mesma espécie e, ainda, em uma mesma variedade, de acordo com o grau de maturação da planta. Estas variações podem resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais diferenciadas, o que pode afetar

sua utilização em alimentos ou aplicações industriais (ALMEIDA, 2009).

Apesar da composição do amido ser apenas de carboidratos, são encontrados lipídios, proteínas e cinzas, que são originarias da própria planta. Estes interferentes são relacionados com as quantidades da composição da planta e do método de extração e purificação (CEREDA, 2002).

O amido *in natura*, quando extraído diretamente de plantas, sem alteração nenhuma é denominado amido nativo. Na sua forma nativa o amido possui diversas aplicações em vários setores da indústria, como a têxtil, de papel, farmacêutica, siderúrgica, plástica e alimentícia.

Industrialmente o amido pode ser utilizado na forma nativa e modificado. Na forma nativa, os amidos têm uso limitado, pois os grânulos hidratam facilmente, intumescem rapidamente, rompem-se, perdem viscosidade e produzem uma pasta pouco espessa, bastante elástica e coesiva. Sendo assim, muitas vezes a modificação estrutural é necessária para incrementar ou inibir suas características originais e adequá-lo as aplicações específicas, tais como promover espessamento, melhorar retenção, aumentar estabilidade, melhorar sensação ao paladar e brilho, gelificar, dispersar ou conferir opacidade (QUIROGA, 2015).

As modificações nos amidos nativos podem ser feitas por processos físicos e químicos, como a esterificação, ligação cruzada, hidrólise ácida ou enzimática e oxidação e também pelo aquecimento e umidificação. Essas modificações alteram profundamente a gelatinização dos grânulos, assim como seu comportamento na formação de pasta e retrogradação originando um produto com novas propriedades (CEREDA, 1983; SINGH; INOUCHI; NISHINAKI, 2006).

A maioria das modificações utilizadas é química. Entretanto, em países desenvolvidos o interesse pela modificação física vem crescendo gradualmente, pois há um aumento na demanda por produtos naturais (BEMILLER, 1997).

A modificação hidrotérmica, ou anelamento, é um processo físico no qual uma suspensão de amido é exposta à temperatura superior àquela de transição vítrea e ligeiramente inferior à temperatura de gelatinização, e esse tratamento hidrotérmico permite uma discreta reorganização molecular com formação de uma estrutura mais organizada de menor energia livre. As propriedades funcionais do amido, tais como propriedades de pasta e térmicas são afetadas por esse processo e as temperaturas de gelatinização são aumentadas, enquanto a faixa de temperatura de gelatinização e a mudança de entalpia diminuem com o tratamento (JACOBS *et al*, 1998; TESTER; DEBON, 2000).

Os amidos modificados hidrotermicamente apresentam vantagens em relação aos amidos nativos devido ao aumento na estabilidade térmica, redução na capacidade de retrogradação e poder de inchamento, deste modo, as indústrias alimentícias demonstram um grande interesse na utilização dessas propriedades no processamento de alimentos enlatados ou congelados (ADEBOWALE et al., 2005; JAYAKODY, HOOVER, 2008;

CEREDA, 2002)

Gunaratne e Hoover (2002) realizaram o tratamento hidrotérmico (30% de umidade a 100°C/ 10 horas) em amidos de taro, mandioca e batata e verificaram que a suscetibilidade enzimática aumentou quando utilizado α-amilase. O rompimento dos cristais próximos da superfície do grânulo pode facilitar o ataque da α-amilase no interior do grânulo, fato que pode explicar o aumento significativo na porcentagem de hidrólise dos amidos tratados termicamente em baixa umidade. Os autores também afirmam que mesmo quando os cristais não são quebrados pelo tratamento, o aumento da suscetibilidade ocorre devido ao número de duplas hélices rompidas pelo tratamento nas regiões amorfas dos grânulos, que facilita o acesso das enzimas aos sítios da cadeia e à interação que ocorre entre as cadeias de amilose durante o rearranjo das cadeias poliméricas.

Em busca de aplicações de amidos tratados hidrotermicamente, Tester, Debon e Sommmmerville (2000), utilizaram o amido de milho e de batata e constataram uma melhora no desempenho e da qualidade do amido de batata para a panificação, além de verificar a estabilidade para o congelamento e descongelamento em alimentos infantis. Com isso, também se observou a importância em se pesquisar amidos de diferentes fontes botânicas.

O objetivo deste trabalho foi realizar modificações hidrotérmicas em amido de batata-doce e mandioca, além de avaliar as características físico-químicas, como a estabilidade ao congelamento e descongelamento, poder de inchamento e índice de solubilização nos amidos *in natura* e modificados.

2 I MÉTODO

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados amidos de batata-doce e mandioca adquiridos em fecularias do interior do estado de São Paulo.

2.1 Modificação física

Os tratamentos hidrotérmicos foram realizados em triplicatas nos Laboratórios do Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO). Os amidos foram armazenados à temperatura ambiente.

Porções de 200g (b.s.) de amido foram suspensas em água (50% p/v) por 48 horas, a 50, 55 e 60º C. As amostras úmidas foram depositadas em uma bandeja para ficarem dispersas, e depois foram colocadas em estufa nas diferentes temperaturas. Após o período de anelamento, as amostras foram recuperadas e secas em estufa a 40ºC, por 24 horas.

As temperaturas foram escolhidas devido à temperatura inicial de gelatinização do amido de mandioca (MUCCILLO, 2009).

2.2 Caracterizações físicas

As análises de estabilidade ao congelamento e descongelamento, poder de

inchamento (PI) e índice de solubilização (IS) foram realizadas em triplicatas nos Laboratórios do Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO).

A avaliação da estabilidade do gel de amido ao congelamento e descongelamento foi realizada através do método de White et al. (1989), com modificações. Para isso, uma suspensão de amido em água a 5% foi aquecida a 95ºC com agitação, por 30 minutos. A seguir 10 g do gel obtido foram colocados em um tubo de centrífuga e submetido a 3 ciclos sucessivos de congelamento e descongelamento. Cada ciclo consistiu no congelamento a -18ºC por 24 horas e o descongelamento foi feito em banho termostático a 30ºC por 90 minutos. Após o último ciclo, o gel foi centrifugado a 4.000 rpm por 15 minutos.

O sobrenadante foi pesado e a extensão da sinérese foi calculada conforme a equação (1). Os valores foram expressos em porcentagem de água exsudada, em relação à massa inicial.

$$sinerese\ (\%) = \frac{Massa\ de\ água\ do\ sobrenadante\ (g)}{Massa\ total\ da\ pasta\ (g)} X\ 100 \quad (1)$$

O poder de inchamento foi determinado segundo metodologia descrita por AACC (1995). As suspensões aquosas de 8g de amido (base seca) em 100 mL de água destilada foram submetidas a diferentes temperaturas (50, 60, 70, 80 e 90ºC) em banho termostático por 30 minutos e com agitação a cada 5 minutos. O material resultante foi centrifugado a 2500 rpm por 5 minutos. A massa do resíduo da centrifugação (gel) foi coletada. O sobrenadante foi reservado para ser utilizado na análise de índice de solubilização, sendo o poder de inchamento calculado através da equação (2)

$$Poder\ de\ inchamento\ (PI) = \frac{Massa\ do\ gel\ (g)}{Massa\ da\ Amostra\ em\ base\ seca\ (g)} \quad (2)$$

O índice de solubilização foi determinado segundo metodologia descrita por AACC (1995). Uma alíquota do sobrenadante proveniente da centrifugação foi colocada em placas de petri e seca em estufa à 105ºC, até atingir massa constante, ou seja, por um período de 18 horas. Essa massa foi pesada e a porcentagem do índice de solubilização foi calculada pela equação (3).

$$Índice\ de\ Solubilização\ (IS)(\%) = \frac{Massa\ Final\ (g)}{Massa\ da\ Amostra\ em\ Base\ Seca\ (g)} X100 \quad (3)$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os grânulos de amido apresentam áreas cristalinas e amorfas, que estão relacionadas com a presença de macromoléculas ramificadas e lineares. As áreas cristalinas mantêm a integridade dos grânulos, permitindo o inchamento, mas não a completa dispersão das macromoléculas. Durante o aquecimento de uma suspensão aquosa de amido, as áreas

amorfas absorvem água rapidamente e incham, permanecendo unidas pelas regiões cristalinas. Os grânulos inchados são elásticos, responsáveis pela viscosidade das pastas obtidas. Então, o poder de inchamento e a solubilidade são informações importantes a respeito da integridade granular (LEACH; McCOWEN; SCHOCH, 1959).

O poder de inchamento e o índice de solubilidade nas temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90 ºC dos amidos de mandioca e de batata doce *in natura* e modificado estão demonstrados nas Tabelas 1 e 2.

Amostra	50 ºC		60 ºC	
	PI	IS (%)	PI	IS (%)
M IN	3,82 ± 0,20	3,22 ± 0,36	13,19 ± 0,28	-
M 60 ºC	3,36 ± 0,12	3,14 ± 0,29	13,33 ± 0,74	-
M 55 ºC	6,41 ± 0,62	7,84 ± 0,72	13,21 ± 0,03	-
M 50ºC	5,42 ± 1,17	6,42 ± 1,40	13,25 ± 0,24	-
BD IN	2,09 ± 0,10	0,35 ± 0,00	2,71 ± 0,12	1,19 ± 0,14
BD 60 ºC	2,13 ± 0,05	0,41 ± 0,02	13,25 ± 0,33	0,50 ± 0,12
BD 55 ºC	2,10 ± 0,02	0,36 ± 0,02	13,11 ± 0,66	0,49 ± 0,25
BD 50 ºC	2,03 ± 0,02	0,31 ± 0,03	2,80 ± 0,07	0,88 ± 0,05

Legenda: M IN: mandioca *in natura*; BD IN: batata doce *in natura*.

Tabela 1. Poder de inchamento (PI) e índice de solubilização (IS) nas temperaturas de 50 e 60 ºC dos amidos de mandioca (M) e batata doce (BD) *in natura* e modificados a 60, 55 e 50 ºC.

Amostra	70 ºC		80 ºC		90 ºC	
	PI	IS (%)	PI	IS (%)	PI	IS (%)
M IN	13,61 ± 0,06	-	12,82 ± 0,08	-	12,51 ± 0,00	-
M 60 ºC	13,26 ± 0,14	-	12,57 ± 0,18	-	12,19 ± 0,09	-
M 55 ºC	13,18 ± 0,09	-	13,36 ± 0,18	-	12,57 ± 0,18	-
M 50ºC	13,32 ± 0,22	-	13,51 ± 0,15	-	13,19 ± 0,16	-
BD IN	13,44 ± 0,22	-	13,59 ± 0,13	-	13,08 ± 0,34	-
BD 60 ºC	12,85 ± 0,14	-	12,91 ± 0,26	-	12,32 ± 0,30	-
BD 55 ºC	12,67 ± 0,20	-	13,11 ± 0,09	-	12,71 ± 0,14	-
BD 50 ºC	13,78 ± 0,15	-	13,75 ± 0,23	-	11,88 ± 0,27	-

Legenda: M IN: mandioca *in natura*; BD IN: batata doce *in natura*.

Tabela 2. Poder de inchamento (PI) e índice de solubilização (IS) nas temperaturas de 70, 80 e 90 ºC dos amidos de mandioca (M) e batata doce (BD) *in natura* e modificados a 60, 55 e 50 ºC.

De acordo com os resultados obtidos notou-se que os amidos de mandioca *in natura* e modificados apresentaram maior poder de inchamento nas temperaturas acima de 60ºC. Já nos amidos de batata doce *in natura* e modificado a 50 ºC esse aumento só

foi observado nas temperaturas de inchamento acima de 70 ºC. Entretanto, para todos os amidos estudados o poder de inchamento acima de 70 °C aumentou sutilmente, como pode ser observado nas Figuras 1 e 2.

O súbito aumento no poder de inchamento (entre 50 e 60 °C) nos amidos de mandioca sugeriu que estes apresentam forças associativas internas frágeis e uniformes, as quais foram rompidas a baixas temperaturas.

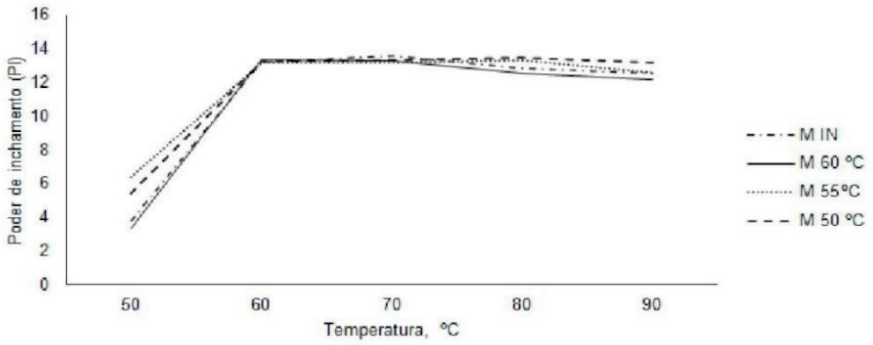


Figura 1. Poder de inchamento da mandioca *in natura* e modificada.

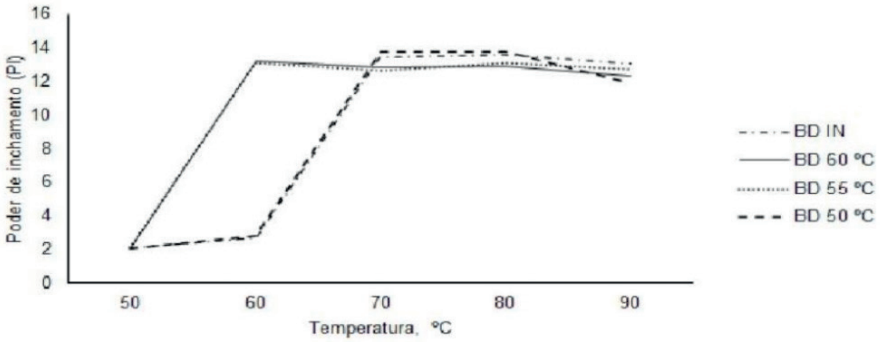


Figura 2. Poder de inchamento da batata doce *in natura* e modificada.

Nesse estudo também observou-se diferenças em relação às espécies de amidos. Também notou-se que somente o amido de mandioca modificado a 50 e 55 ºC apresentou aumento no poder de inchamento a 50 ºC quando comparado com o amido *in natura*. Os amidos de mandioca apresentaram valores mais elevados quando comparados com os amidos de batata doce.

De acordo com as Tabelas 1 e 2 observa-se que só foi possível estudar o índice de solubilidade nas temperaturas de 50 e 60 ºC. Sendo assim, verificou-se que o índice de solubilização nos amidos de mandioca e batata doce *in natura* apresentaram valores distintos, onde os índices de solubilidade no amido de mandioca foram superiores aos da batata doce.

Também se constatou que houve um aumento no índice de solubilidade a 50 ºC nos amidos de mandioca modificados a 50 e 55 ºC quando comparado com o amido *in natura*. Já nos amidos de batata doce isso não foi observado, ou seja, todos os valores encontrados foram semelhantes. Entretanto, verificou-se uma elevação nos índices de solubilidade a 60ºC nos amidos de batata doce modificados a 60 e 55 ºC.

Com o aumento da temperatura houve um aumento no índice de solubilidade em todos os amidos estudados.

Segundo Marcon, Avancini, Amante (2007) a solubilidade é um fator que contribui para a entrada de água no interior do grânulo pela amilose referente à fonte botânica.

Nos amidos estudados observou-se uma pequena diminuição do poder de inchamento a 90ºC em relação ao crescimento gradual. Segundo Sandhu, Singh, Lim (2007) isso ocorre pelo fato das cadeias que compõe o amido, principalmente a amilose, serem fragmentadas e assim formarem uma estrutura desorganizada que com o aumento da temperatura não mais retém água em seu interior.

Hasjim et al (2013) verificaram que no amido de milho *in natura* a interferência da temperatura no poder de inchamento foi observada a partir dos 50ºC, isso pode ser explicado em razão do grânulo de amido ter uma restrição ao inchamento, pois somente uma pequena quantidade de carboidratos é solubilizada durante a faixa de temperatura de gelatinização, porém a medida que a temperatura aumenta, ocorre a elevação do poder de inchamento e da quantidade de carboidratos que é lixiviada no grânulo.

Segundo Marcon, Avancini, Amante (2007) a discrepância nas porcentagens de amilose, amilopectina, tamanho e compactação de grânulos interferem diretamente na diferença encontrada nos valores de poder de inchamento para as espécies estudadas. Contudo variações genéticas, condições climáticas, de solo e fonte botânica vêm sendo demonstradas por estudos que também podem afetar as características reológicas, principalmente viscosidade, poder de inchamento e retrogradação.

Os valores do poder de inchamento e índice solubilidade mostram a relação da absorção de água e a estrutura molecular dos amidos. Sendo que, o aumento da temperatura é o principal fator da alteração do amido.

De acordo com Peroni (2003), os amidos de mandioca e batata doce são de diferentes fontes botânicas e, portanto, suas reações de acordo com poder de inchamento e índice de solubilização são diferentes.

Segundo Rocha, Demiate, Franco (2008), os valores do poder de inchamento da mandioquinha-salsa são bem próximos ao da mandioca, tendo um aumento também nas temperaturas entre 60 e 70 °C e uma leve diminuição nas temperaturas de 80 a 90 °C.

O conhecimento da estabilidade ao congelamento e descongelamento é de suma importância para identificar a liberação de água do amido, sabendo que é prejudicial para a qualidade do alimento. (APLEVICZ, 2007)

A Tabela 3 mostra a estabilidade de congelamento e descongelamento dos amidos

de mandioca e batata doce *in natura* e modificados.

Amostra	Sinerese (%)
M in	31,65 ± 0,13
M 60 ºC	43,86 ± 0,31
M 55 ºC	42, 68 ± 0,42
M 50ºC	44,96 ± 0,43
BD in	-
BD 60 ºC	11,97 ± 1,65
BD 55 ºC	12,28 ± 1,04
BD 50 ºC	18,60 ± 2,99

Legenda: M in: mandioca *in natura*; BD in: batata doce *in natura*.

Tabela 3. Estabilidade de congelamento e descongelamento dos amidos de mandioca e batata doce.

Pelos valores descritos na Tabela 3 nota-se que amidos de diferentes fontes botânicas apresentam valores muito distintos.

A estabilidade dos amidos de batata doce modificados manteve constante, não apresentou liberação de água em todos os ciclos de congelamento e descongelamento. Mas os amidos de mandioca apresentaram maiores perda de água durante os ciclos.

Os resultados encontrados por Stahl et al (2007) para os amidos nativos de pinhão e milho (submetidos a três ciclos de congelamento (-18ºC) e descongelamento (30ºC), foi de aproximadamente 77% e 82%, respectivamente, sendo que a diferença entre as fontes botânicas foi de 5%.

Aplevicz (2007) estudou amidos modificados por oxidação com peróxido de hidrogênio e verificou que o amido de mandioca apresentou maior alteração ao decorrer dos ciclos, principalmente os amidos modificados. Já a batata doce não teve alterações significantes, mostrando certa resistência na sua estrutura molecular.

4 I CONCLUSÃO

O presente estudo concluiu que a modificação física de anelamento dos amidos de mandioca e batata doce influenciou as propriedades dos amidos.

O poder de inchamento foi influenciado pela temperatura devido à capacidade de retenção da água dos amidos nativos e modificados e, nas temperaturas de inchamento de 50 ºC e 60 ºC foram observadas diferenças em relação às espécies botânicas dos amidos.

Nesse estudo só foi possível avaliar o índice de solubilidade nas temperaturas de 50 e 60 ºC, e os amidos de mandioca apresentaram maiores valores em relação ao amido de batata doce. Também concluiu que com o aumento da temperatura aumenta o índice de solubilidade em todos os amidos estudados.

Os amidos de mandioca e batata doce apresentaram diferenças na sinérese após os ciclos de congelamento e descongelamento.

O amido de mandioca *in natura* apresentou menor % sinérese quando comparado com os amidos modificados de mandioca. Entretanto, verificou-se que as diferentes temperaturas de modificação não influenciaram na sinérese. Também notou-se que a batata doce modificada possui maior estabilidade aos ciclos de congelamento e descongelamento devido à menor liberação de água.

REFERÊNCIAS

AACC - American Association Cereal Chemists. Approved methods. 8. Ed. 1995.

ADEBOWALE, K. O. et al. Effect of heat moisture treatment and annealing on physicochemical properties of red sorghum starch. **African Journal of Biotechnology**, v.4, n.9, p.928-933, 2005.

ALMEIDA, M. C. B. M. **Estudo para fins industriais das propriedades funcionais do amido nativo e modificado hidrotermicamente, provenientes de banana verde, variedade 'prata'**, Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais), Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, Paraíba, 2013.

ALMEIDA, L. F. Amidos: Fontes, estruturas e propriedades funcionais. **Aditivos Ingredientes.** Editora Insumos, n. 63, 2009.

APLEVICZ, K. S. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 27(3): 478-484, setembro, 2007.

BEMILLER, J. N. Starch modification: Challenges and prospects. **Starch/Stärke**, 49, 127 – 131. 1997.

CEREDA, M. P. et al. Biotecnologia industrial. **In: Modificação de fécula por fermentação**. São Paulo: Edgard Blücher. 2001. p.413-460, 2002.

CEREDA, M. P. Determinação de viscosidade da fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). **Boletim da Sociedade de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 17, 15-24. 1983

GUNARATNE, A.; HOOVER, R. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. **Carbohydrate Polymers**, v.49, n.4, p.425-437, 2002.

HASJIM, J. et al. Milling of rice grains: Effects of starch/flour structures on gelatinization and pasting properties. **Carbohydrate Polymers**. v. 92, n 1, p. 682-690 2013.

JACOBS, H. et al. Acid hydrolysis of native and annealed wheat, potato ans peã starches – DSC melting features and chain length distributions of lintnerised starches. **Carbohydrate Research**, 308, 359-371. 1998

JAYAKODY, L.; HOOVER, R. Effects of *annealing* on molecular structure and physicochemical properties of starches from differents botanical origins – A Review. **Carbohydrate Polymers**, v. 74, p. 691-703, 2008.

LEACH, H. W.; McCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v.36, n.6, p.534-544, 1959.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis:Editora da UFSC, 2007. 101p.

MUCCILO, R. C. S. T. **Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de Pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. 2009. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PERONI, F. H. G. **Caracteristicas estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. Junho, 2003. (Dissertação pós graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos) – UNESP, São José do Rio Preto.

QUIROGA, A. L. Amidos. **Food Ingredients Brasil**, nº 35, p.31-56, 2015.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. **Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandiocaquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*)**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 28(3):620-628, setembro, 2008.

SANTOS, T. P. R. **Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão**, 2012.

SANDHU, K. S.; SINGH, N.; LIM, S. T. A comparison of native and acid thinned normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, 40, 1527 – 1536. 2007

STAHL, J. A., LOBATO L. P., BOCHI V. C., KUBOTA, E. H., GUTKOSKI, L. C., EMANUELLI T. Physicochemical properties of pinhão (Araucaria angustifolia, Bert, O. Ktze) starch phosphates. **LWT-Food Science and Technology**, 40, 1206-1214, 2007.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 81, n. 2, p.219-231, maio 2003. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/s0308-8146(02)00416-8.

SINGH, N.; INOUCHI, N.; NISHINARI, K. Structural, thermal and viscoelastic characteristics of starches separated from normal, sugary and waxy maize. **Food Hydrocolloids**, 20, 923-935. 2006

TESTER, R.F.; DEBON, S. J.J. *Annealing* of starch – a review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 27, p. 1-12, 2000.

CAPÍTULO 13

NON-OMNIDIRECTIONAL ANTENNA EFFECTS ON INDOOR CELL PLANNING AT 700 MHZ

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 11/06/2021

Maria do Carmo de Luna Malheiros Frazão
Federal Institute of Paraiba (IFPB)
João Pessoa, Paraiba, Brazil
http://lattes.cnpq.br/5407500506133799

Niedson Almeida Lemos
Federal Institute of Paraiba (IFPB)
João Pessoa, Paraiba, Brazil
http://lattes.cnpq.br/4254784911437366

Jefferson Costa e Silva
Federal Institute of Paraiba (IFPB)
João Pessoa, Paraiba, Brazil
http://lattes.cnpq.br/7399512856151138

Alfredo Gomes Neto
Federal Institute of Paraiba (IFPB)
João Pessoa, Paraiba, Brazil
http://lattes.cnpq.br/1403715441701958

Custódio José de Oliveira Peixeiro
University of Lisbon
Lisbon, Portugal

ABSTRACT: This paper aims to establish a coverage characterization of indoor wireless signals in the 700 MHz frequency band, taking into account the effect of a non-omnidirectional (directive) transmitting antenna. This band was chosen because it has been allocated to be used by the Long Term Evolution (LTE-4G) wireless communication system in Brazil. The simulation results have been obtained using the commercial software package WinProp® based on the ray tracing method. A modification of the propagation model consisting in the use of virtual transmitters positioned at the entrance of environments with non-line-of-sight (NLOS) between transmitter and receiver is proposed. An extensive measurement campaign has been carried out in a school building indoor scenario with long corridors and several types of neighbour rooms. The results obtained have shown a good agreement between simulation and experimental results, therefore providing validation of the proposed simplified model.

KEYWORDS: Cell Planning, Indoor Environments, Propagation Measurements, Propagation Models, Ray Tracing Method.

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo estabelecer uma caracterização da cobertura de sinais sem fio internos na faixa de frequência de 700 MHz, levando em consideração o efeito de uma antena transmissora não omnidirecional (diretiva). Esta banda foi escolhida porque foi alocada para ser usada pelo sistema de comunicação sem fio Long Term Evolution (LTE-4G) no Brasil. Os resultados da simulação foram obtidos usando o pacote de software comercial WinProp® baseado no método de traçado de raio. É proposta uma modificação do modelo de propagação que consiste na utilização de transmissores virtuais posicionados na entrada de ambientes sem linha de visão (NLOS) entre transmissor e receptor. Uma extensa campanha de medição foi realizada em um cenário interno de prédio escolar com longos corredores e vários tipos de salas vizinhas. Os resultados obtidos

mostraram uma boa concordância entre os resultados da simulação e os experimentais, fornecendo, portanto, a validação do modelo simplificado proposto.
PALAVRAS-CHAVE: Planejamento de Células, Ambientes Internos, Medidas de Propagação, Modelos de Propagação, Método de Rastreamento de Raios.

1 I INTRODUCTION

By the end of 2018 there were 7,900 million mobile communication subscribers in the world which is about the same number as for the world population. According to forecasts the number of mobile subscribers will reach 9,100 million by 2021. Although these are already overwhelming figures, they are completely overcome by the mobile traffic that is forecast to increase almost an order of magnitude in the same period [1]. Service providers and the other players of the mobile communications industry are devising ways to cope with this dramatic and challenging increase. New technics and huge investments in the networks are required.

According to the United Nations, the number of people living in urban areas surpassed the number living in rural areas in 2009. This tendency of concentration of the population has been accentuated and it is expected that about 56% of the world population will live in urban settlements in 2020. This figure is forecasted to increase to nearly 70% in 2050 [2]. So, more than half of the mobile communication users already live in urban scenarios and this percentage will enlarge in the future. Moreover, in average, urban populations have better living standards [3]. Therefore, now, but mainly in the future, most of the mobile communication users and traffic will be associated with urban areas. All the players of the mobile communication industry will focus, even more, their attention in urban scenarios.

Small cells is considered a very promising technique to deal with this mobile traffic exponential explosion [4]. Small cells can be used mostly in urban areas, both in indoor and outdoor deployments. However, indoor scenarios seem to be more challenging as a wide variety of environments with different architectural characteristics, such as, offices, shopping malls, hospitals, schools, residential buildings, can be found. Moreover, the list of materials used in the construction is also vast, including, metal, glass, wood, plaster, concrete, brick, and so on. That large number of different situations happens especially in the case of services using the lower part of the frequency spectrum where coverage is potentially larger. The development of propagation models that can be implemented in software tools used in the planning of cellular systems is of crucial importance to the initial planning of a network [5, 6]. Many models have been developed to predict the behaviour of electromagnetic waves in propagation scenarios. Some of them are of general-purpose use but most of them have been tuned to specific environments [7-12].

The aim of this paper is to propose the use of a new technique here designated as “virtual transmitter” to enhance the indoor propagation models implemented in general

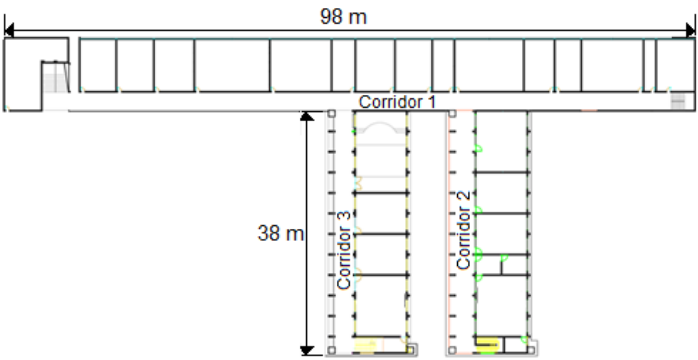
purpose radio propagation prediction software tools [13, 14]. This technique is used in NLOS situations and consists in replacing the real transmitter with an omnidirectional virtual one with adequate location and input power. In such NLOS situations, the signal propagation depends on reflection, refraction, diffraction and scattering of the electromagnetic wave, whose action, individually or together, can cause signal degradation. Moreover, the wave may suffer severe multipath and polarization mismatch in the receiver.

The analysis is performed at the frequency 730 MHz, representative of the frequency band 698-806 MHz, which is reserved for LTE communication systems in Brazil [15]. This so-called 700 MHz band provides good penetration through walls and therefore is particularly adequate for indoor communication systems [8].

The paper is organised in V sections. After this introductory section, the propagation scenario is described in section II. Section III reports the approach used to solve the defined propagation problem, with emphasis on the simulation tool, the experimental setup and the measurement campaign. Simulation and experimental results are compared in section IV. Finally, section V provides the conclusions.

2 I PROPAGATION SCENARIO

The scenario chosen corresponds to the ground floor of the electrical engineering building in João Pessoa campus of the Federal Institute of Paraiba (IFPB), Brazil. As shown in Figure 1, the scenario is composed of a 98 m long (and 2.4 m wide) main corridor and two 38 m long (and 3.1 m wide) transversal secondary corridors. There are classrooms and laboratories along the corridors. The floor and the ceiling are made of concrete. The walls are brick made. The distance between floor and ceiling is 3.6 m.



a) Geometry

b) Photo of corridor 1 c) Photo of corridor 2

Figure 1. Propagation scenario.

During class time periods a large number of people move along the corridors and therefore the propagation channel experiences short term (fast) fading. The radio transmitter (TX) is located at the beginning of corridor 1, at a height of 1.5 m.

3 I PROBLEM SOLVING APPROACH

The approach consists in using a general purpose radio propagation planning tool to deterministically obtain the received power distribution in each point of the propagation scenario. It is particularly important to evaluate the signal strength along the corridors. A realistic geometrical model of the scenario is imported from AutoCad® and the electromagnetic macroscopic characteristics of the wall, floor and ceiling materials are used.

The non-omnidirectional radiation pattern of the transmit antenna is taken into account. A log-periodic dipole antenna (LPDA), model 3148B from ETS-Lindgren [16], with 5.66 dBi gain, is used. The corresponding H- and E-plane radiation pattern cuts [16] are shown in Figure 2.

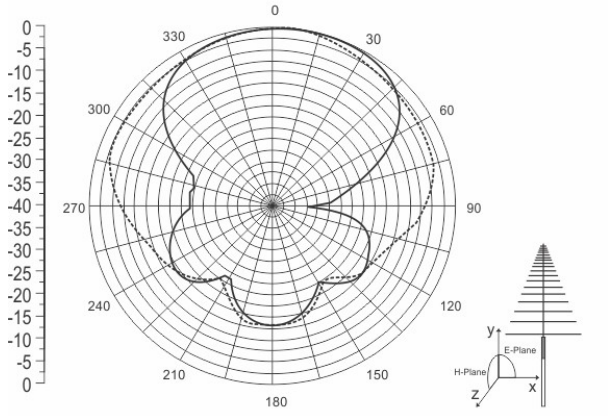


Figure 2. LPDA radiation pattern at 730 MHz, - - - - - - H-plane, —— E-plane.

There is a line-of-sight (LOS) condition for all the points of corridor 1 and a non-line-of-sight (NLOS) condition for corridors 2 and 3. The software propagation tool is used to obtain the power distribution in the three corridors. For the NLOS situations (corridors 2 and 3) a new “virtual transmitter” technique consisting in the use of a lossless isotropic repeater located at the entrance of the corridor is used. The power received by the virtual lossless isotropic antenna (0 dBi gain) from the real transmitter is re-radiated isotropically. For reference, to evaluate the importance of the multipath in LOS situations and refraction and diffraction in NLOS, the direct-ray power is also calculated.

A. Simulation tool

The wave propagation and radio network planning software package WinProp® from AWE Communications GmbH [17] has been used. This package provides several software tools that can be used in many different scenarios and cellular air interfaces. One of the modules uses prediction models for indoor scenarios. In this case the 2D standard ray tracing has been chosen [17-21]. The user has control over the number of transmitted, reflected and diffracted rays. More rays lead to more accurate solutions but is more demanding in computational resources. In the scenario under analysis a good compromise has been reached with 3 transmitted (refracted) rays, 2 reflected rays and 1 diffracted ray (Figure 3).

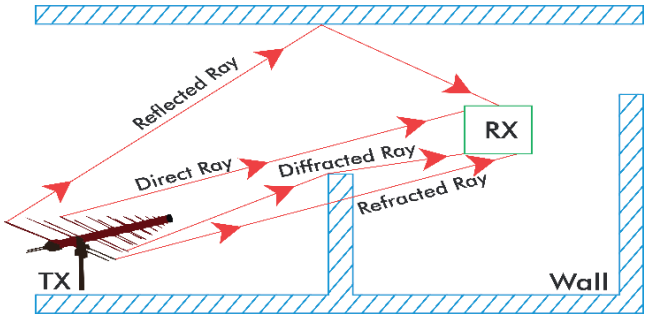


Figure 3. Ray tracing method in an indoor environment.

Ray casting is done from the transmitter using a ray launching scheme with uniform variation of the transmitting angle. The nature of each ray (direct, reflected, refracted, or diffracted) is evaluated and the corresponding signal strength is calculated. The radiation pattern of the transmit antenna has been taken into account by entering in the input data the actual gain corresponding to each transmit angle. For each reception point (pixel) all the contributing rays are added taking into account the corresponding amplitude. For the scenario under analysis (Figure 1) 5720 pixels have been used which corresponds to pixels with 1.77x1.77 m^2. The power distribution obtained for the propagation scenario, three corridors and adjacent rooms, is shown in Figure 4. The interference caused by the rays reflected on the walls, on the direct ray, can be observed along corridor 1, where a LOS situation exists. This interference is less intense, in corridors 2 and 3, where a NLOS situation occurs.

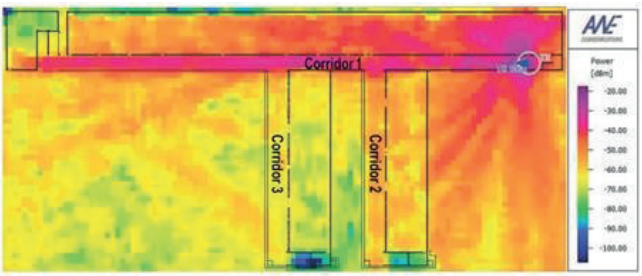


Figure 4. Example of power distribution obtained with the simulation tool.

B. Experimental setup

The layout of the setup used in the experimental campaign is shown in Figure 5. The equipment used in the measurements is listed in Table 1.

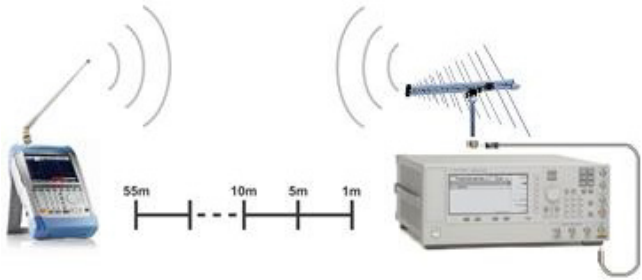


Figure 5. Layout of the setup used in the measurements.

Description	***Manufacturer***	***Model***
Signal generator	Agilent Technologies	E8257D
Transmit LPDA	ETS-Lindgren	3148B
Receive antenna	Home made	
Spectrum analyser	Rohde & Schwarz	FSH8
Laptop	Apple	MacBook Pro
Mobile base	Home made	

Table 1. List of equipment used in the measurments

At the transmit side (TX), a signal generator supplied the LPDA antenna with 16 dBm input power at the frequency 730 MHZ (CW). For the receive system (RX) a 21 cm long omnidirectional vertical telescopic antenna, connected to a portable spectrum analyser, positioned on a mobile base, has been used. A laptop computer has also been used for data acquisition. Photographs of the fixed transmit station and mobile receive station are shown in Figure 6.

a) b)

Figure 6. Photographs of the TX and RX terminals, a) TX, b) RX.

C. Measurement campaign

The signal strength has been measured along the middle line of each of the three corridors at points uniformly separated 5 m. The initial measurement point is 1 m away from the transmitter for corridor 1, and 2 m away from the crossing point with corridor 1, for corridors 2 and 3.

The transmitter azimuthal angle is measured clock wise and the zero corresponds to the LPDA's radiation pattern maximum aligned along the middle line of corridor 1. Eight different equally spaced 45º azimuthal angles have been used, starting with azimuth zero. As shown in Figure 6, vertical polarisation has been used both at transmission and reception.

D. Space and time averaging

To decrease the space (multipath) and time (fast fading) effects the received power has been averaged from 9 measurement points. As shown in Figure 7, the measurement points correspond to the centre, corners and mid-side points of a 1 m side square aligned along the corridors' axis. The time difference between consecutive measurements was about 15 seconds.

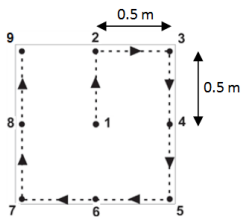


Figure 7. Footprint of the measurement averaging points.

As expected, it can be confirmed in Figures 8 and 9 that the used averaging process provides smoother curves of the received power. Both figures contain results obtained with the TX LPDA aligned with azimuth 0º. Figure 8 corresponds to co-polarised waves, that is, vertical polarisation both at TX and RX, whereas Figure 9 corresponds to cross-polarised waves with horizontal polarization at TX and vertical polarisation at RX.

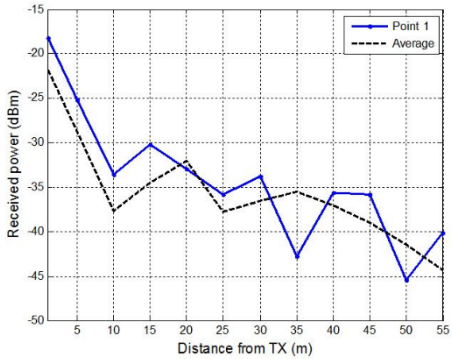


Figure 8. Co-polar single point and 9 points averaged received power along corridor 1.

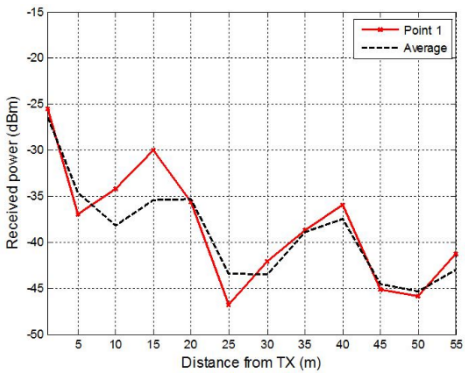


Figure 9. Cross-polar single point and 9 points averaged received power along corridor 1.

Close to the TX terminal, up to approximately 10 m, the co-polarised component is dominant but as the multipath is enhanced the co- and cross-polarised components are quite similar. This clearly confirms the well-known situation verified in indoors scenarios where the polarization of the RX terminal is not an issue.

4 I RESULTS

Simulation and experimental results are obtained and presented as a function of the distance along the 3 corridors, for different azimuth alignments of the TX antenna. Two types of simulation results are considered for the NLOS corridors 2 and 3 corresponding to the real transmitter characteristics and to the virtual transmitter ones. For the sake of comparison, simple theoretical results, obtained with the Friis transmission equation, for the direct ray, are also included.

Both non-normalised and normalised received power results are presented. The normalised results allow a clearer interpretation of the pathloss behaviour. As there is no meaningful polarisation discrimination, only vertical polarisation results are shown.

A. Normalised results

To put in evidence the pathloss behaviour with distance, the theoretical results (simulation and Friis equation) have been normalised so as to match the experimental results for distance equal to 1 m. Again, only vertical polarisation is used both at TX and RX.

Figures 10, 11 and 12 contain the relative received power along corridor 1, 2 and 3, respectively. For each corridor, the TX LPDA is aligned along 8 different azimuthal angles, starting at azimuth 0º and with 45º intervals.

As it can be seen in Figure 10, except when the LPDA is aligned along the azimuthal angle 270º there is a good agreement between simulation and experimental results. The azimuth 270º is very specific because, as it can be seen in Figure 2a, for that orientation of the LPDA there is almost a null of the radiation pattern along the corridor axis, that is, there is (almost) no direct ray. Concerning the curves obtained with the Friis equation, and as already discussed above, the direct ray only does not model adequately the rich multipath environment.

Figures 11 and 12 contain the results obtained for corridors 2 and 3, where there is a NLOS condition. The propagation phenomena occurring in these two corridors, that is transmission, diffraction and reflection are much more complex than in corridor 1 where only a direct ray and reflections at the walls, floor and ceiling exist. As it can be verified, the results obtained for the two corridors are quite similar. Moreover, for corridor 2, the simulation results obtained using the “virtual transmitter” approximation follow much more closely the experimental results than the results obtained directly from the simulator. For corridor 3 the situation is the same except for the LPDA aligned along the azimuthal angles 180º and 225º where the agreement between the results obtained directly from the simulator and the experimental results is slightly better.

Except for a few points, the relative difference between the “virtual transmitter” approximation and experimental results is about 2-3 dB. It can therefore be concluded that, for the specific indoor scenarios considered in this paper, the use of the “virtual transmitter” approximation provides an improvement of the pathloss prediction model.

It seems reasonable to expect that the proposed “virtual transmitter” approximation can be used in more than one step procedure. For instance, the coverage inside a room that exists along corridor 2 (or 3) could be obtained using a second “virtual transmitter” located at the entrance door of that room.

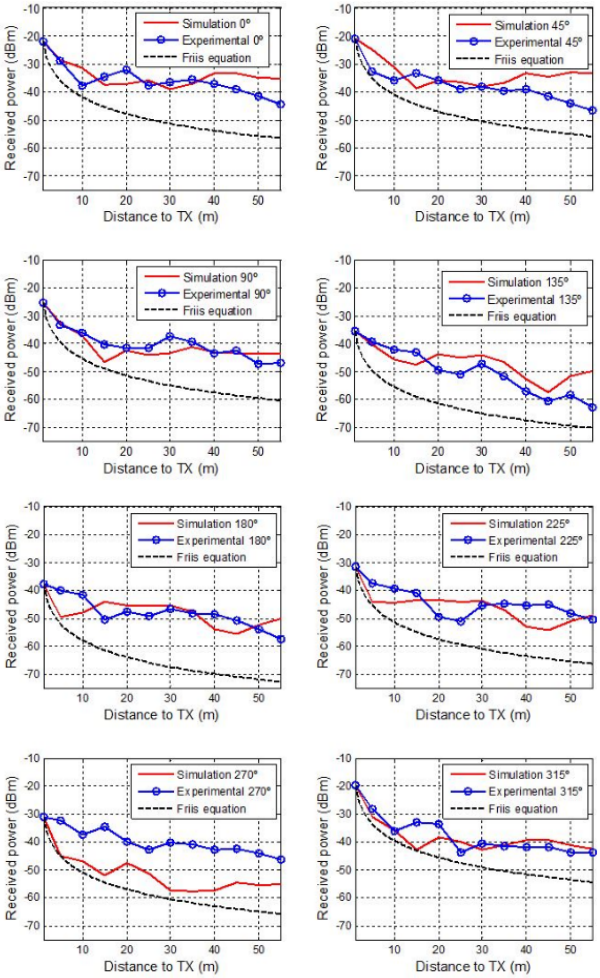


Figure 10. Relative received power along corridor 1 (LOS).

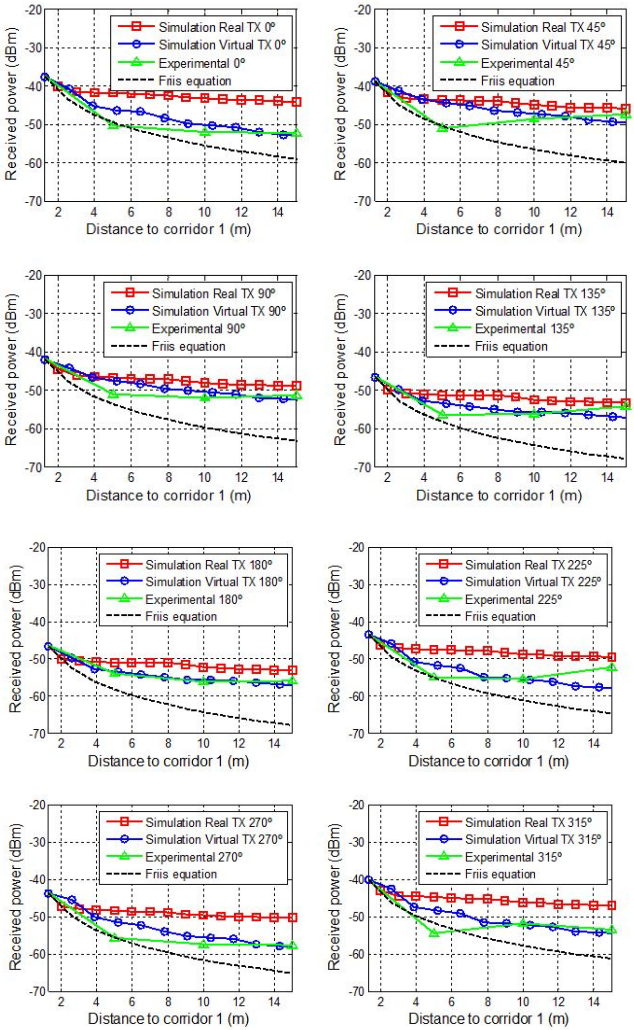


Figure 11. Relative received power along corridor 2 (NLOS).

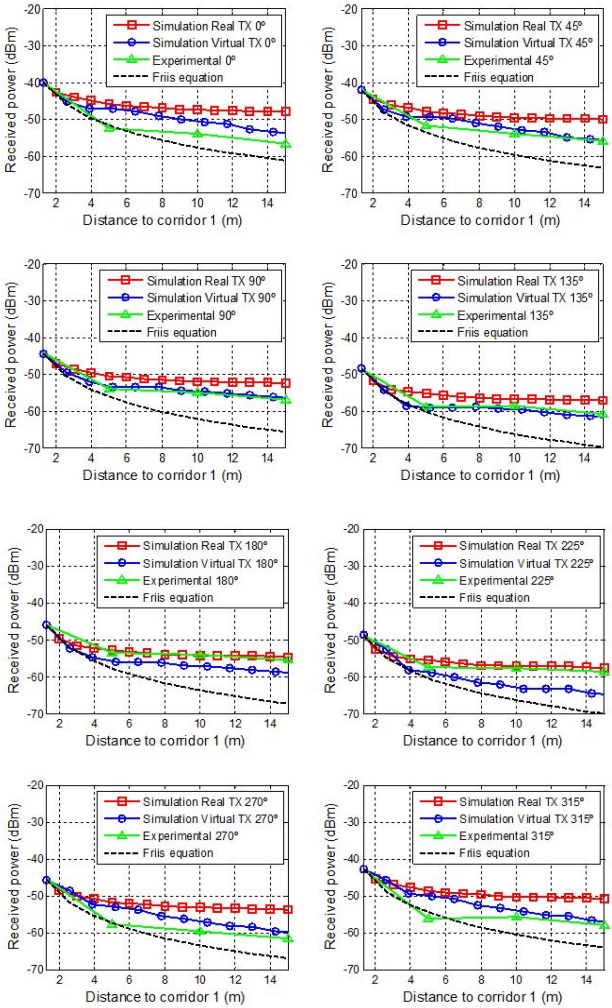


Figure 12. Relative received power along corridor 3 (NLOS).

5 I CONCLUSION

The wireless coverage characterisation of an indoor scenario in the 700 MHz frequency band has been presented. This is a very important topic because a worldwide exponential increase in indoor mobile traffic is expected in the coming years and, together with the specific frequency band, is particularly relevant for Brazil where the 700 MHz band has been allocated for 4G LTE mobile communication services.

The effects of the use of a non-omnidirectional (directive) transmit antenna, which is a more effective way to spatially distribute the radiated power, are taken into account. This directive antenna will change the amplitude of the several reflected rays leading to a distinctive multipath behaviour. A specific indoor scenario composed of a one floor school

building with long perpendicular corridors with LOS and NLOS conditions is analysed.

The commercial software package WinProp®, based on the ray tracing method, is used in the simulations. For NLOS situations a virtual transmitter approximation is proposed. It consists in using an omnidirectional repeater located at the entrance of the NLOS area to calculate the received power in that area.

An extensive measurement campaign has been carried out at 730 MHz, using a home designed setup, built with commercially available and home-made equipment. The received power has been measured along the 3 corridors, with LOS and NLOS conditions. Both single point and space and time averaged results have been obtained.

A reasonable agreement has been obtained between simulation and experimental results of the received power along the main corridor 1, where a LOS situation exists. Concerning the transversal corridors 2 and 3, where a NLOS is verified, the proposed virtual transmitter approximation leads to an improved agreement between simulation and experimental results. For most of the measurement points the difference between the relative (normalised) received power is less than about 2-3 dB. This good agreement has validated the proposed simplified model.

This proposed virtual transmitter approximation can be used with any software package and, as it simplifies the coverage prediction in NLOS areas, it provides a significant reduction in processing time.

REFERENCES

[1] **Ericsson mobility report.** February 2016.

[2] **Population facts.** United Nations, No. 2014/3, August 2014.

[3] **World population prospects.** Key findings & advance tables. United Nations. 2015 revision.

[4] **"Scenarios and requirements for small cell enhancements for E-UTRA and E-UTRAN"**, Tech. Rep. 3GPP 36.932, (V 13.0.0), January 2016.

[5] T. Nakamura, S. Nagata, A. Benjebbour, and Y. Kishiyama, **"Trends in small cell enhancements in LTE advanced"**, IEEE Communications Magazine, vol. 51, no. 2, pp. 98-105, February 2013.

[6] **"Study on 3D channel model for LTE"**, Tech. Rep. 3GPP 36.873, (V 12.2.0), June 2015.

[7] T. K. Sarkar, Z. Ji, K. Kim, A. Medouri, and M. Salazar-Palma, **"A Survey of Various Propagation Models for Mobile Communication"**, IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 45, no. 3, pp. 51-82, June 2003.

[8] W. F. Young, C. L. Holloway, G. Koepke, D. Camell, Y. Becquel, and K. A. Remley, **"Radio-wave propagation into large building structures – part 1: CW signal attenuation and variability"**, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 58, no. 4, pp. 1279-1289, April 2010.

[9] K. A. Remley, G. Koepke, C. L. Holloway, C. A Grosvenor,D. Camell, J. Ladbury, R. T. Johnk, and W. F. Young, **"Radio-wave propagation into large building structures – part 2: Characterization of multipath"**, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 58, no. 4, pp. 1290-1300, April 2010.

[10] C. Gentile, N. Golmie, K. A. Remley, C. L Holloway, and W. F. Young, **"A channel propagation model for the 700 MHz band"**, Proc. IEEE Int. Conf. on Communications, Cape Town, South Africa, pp. 23-27, May 2010.

[11] D. W. Matolak, K. A. Remley, C. Gentile, C. L. Holloway, Q. Wu, and Q. Zhang, "**Peer-to-peer urban channel characteristics for two public-safety frequency bands**", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 56, no. 5, pp. 101-115, October 2014.

[12] D. W. Matolak, K. A.Remley, C. Holloway, and C. Gentile, "**Outdoor-to-indoor channel dispersion and power-delay profile models for the 700-MHz and 4.9-GHz bands**", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 441-443, 2016.

[13] N. A. Lemos, "**Characterization of indoor propagation coverage in the 700 MHz band**", in Portuguese, MSc thesis, Federal Institute of Paraiba, João Pessoa, Brazil, 2015.

[14] M. C. L. M. Frazão, "**Characterization of indoor propagation coverage in the 700 MHz band, taking into account antenna polarization and non-omnidirectionality**", in Portuguese, MSc thesis, Federal Institute of Paraiba, João Pessoa, Brazil, 2015.

[15] Brazil National Telecommunications Agency (ANATEL), **Resolution no. 625**, 11th November 2013, published (in Portuguese) in Diário Oficial da União, 2014.

[16] _____.**3148B Log-Periodic Dipole Array**. Available in: <http://www.ets-lindgren.com/products/antennas/log-periodic-dipole-array/4017/401704>.

[17] AWE Communications. **Wave Propagation and Radio Network Planning.** Available in: <http://www.awe-communications.com/>.

[18] S. Y. Seidel and T. S. Rappaport, "**Site-specific propagation prediction for wirelless in building personal communication system design"**, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 43, no. 4, pp. 879–891, November 1994.

[19] Z. Ji, B-H. Li, et. al., **"Efficient ray-tracing methods for propagation prediction for indoor wireless communications"**, IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 43, no. 2, pp. 41-49, April 2001.

[20] J. Oh, M. Thiel, and K. Sarabandi, **"Wave-Propagation Management in Indoor Environments Using Micro-Radio-Repeater Systems"**, IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 56, no. 2, pp. 76–88, April 2014.

[21] J-H. Jung, et. al., **"Ray-Tracing-Aided Modeling of User-Shadowing Effects in Indoor Wireless Channels"**, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 62, no. 6, pp. 3412-3416, June 2014.

CAPÍTULO 14

SAÚDE UNIVERSITÁRIA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 09/04/2021

Iranira Geminiano de Melo
Doutoranda do Programa de Doutorado em Educação Profissional da Universidade Federal de Rondônia. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

Célio José Borges
Professor associado do Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Rondônia – (UNIR)
Porto Velho – Rondônia – Brasil

Berenice Perpétua Simão
Doutoranda do Programa de Doutorado em Educação Profissional da Universidade Federal de Rondônia. Docente da Secretaria de Educação do Estado de Rondônia , Brasil

Aroní Matos de Oliveira
Mestrando do Programa de Mestrado em Educação Profissional da Universidade Federal de Rondônia. Docente da Secretaria de Educação do Estado de Rondônia , Brasil

Clarides Henrich de Barba
Professor do Curso de Graduação em Filosofia e do Programa de Pós-Graduação Mestrado e Doutorado Profissional em Educação Escolar Universidade Federal de Rondônia – (UNIR)
Porto Velho – Rondônia – Brasil

RESUMO: A qualidade de vida envolve um conjunto de parâmetros individuais e socioambientais modificáveis ou não que impactam positiva ou negativamente na saúde. Esse capítulo tem por objetivo analisar a qualidade de vida de uma comunidade universitária a partir da avaliação do índice de massa corporal (MC). Metodologicamente se trata de uma pesquisa quantitativa do tipo descritiva realizada com 1.503, incluído acadêmicos, docentes e técnicos. Os dados mostraram maior prevalência de baixo peso (7,13%), peso saudável (50,81%) e obesidade grau III (3,31%) entre os acadêmicos. Os casos de sobrepeso foram maiores entre os técnicos (34,67%) e, obesidade grau I (19,12%) e grau II (3,60%), entre os docentes. Considerou-se ser necessário implementar políticas públicas, visando propiciar melhorias nos hábitos do Estilo de Vida e consequentemente no IMC e na saúde e qualidade de vida da comunidade universitária participante da pesquisa.
PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de vida. Saúde. IMC.

UNIVERSITY HEALTH: A CASE STUDY AT A UNIVERSITY IN THE AMAZON

ABSTRACT: Quality of life involves a set of individual and socioenvironmental parameters that can be modified, or not, that positively or negatively impact health. This chapter aims to analyze the quality of life of a university community based on the evaluation of the body mass index (BM). Methodologically, consists of a study is quantitative, descriptive research carried out with 1,503, including academics, teachers and technicians. The number showed a higher prevalence of low weight (7.13%), healthy weight (50.81%) and grade III obesity (3.31%) among

academics. The cases of overweight were higher among technicians (34.67%), obesity grade I (19.12%) and grade II (3.60%), among teachers. It was considered necessary to implement public policies, aiming to provide improvements in Lifestyle habits and, consequently, in BMI and in the health and quality of life of the university community participating in the research.
KEYWORDS: Quality of life. Health. BMI.

INTRODUÇÃO

A qualidade de vida tem se constituído em um relevante tema na modernidade. Definida como "a percepção de bem-estar resultante de um conjunto de parâmetros individuais e socioambientais modificáveis ou não, que caracterizam as condições em que vive o ser humano" (NAHAS, 2017, p. 15) - ela tem estreita relação com a saúde.

Ainda de acordo com Nahas (2017), os parâmetros socioambientais dependem de políticas públicas que incluam moradia, transporte, segurança, assistência médica, condições de trabalho e remuneração, educação, opções de lazer, meio ambiente, e cultura. Já os parâmetros individuais incluem dois fatores: um que independe do indivíduo – a hereditariedade; e, Estilo de Vida, que está relacionado aos hábitos da pessoa (hábitos alimentares, controle do estresse, atividade física habitual, relacionamentos, e comportamento preventivo). Assim, a qualidade de vida envolve diversos e complexos fatores. Porém, podem ter efeitos positivos ou não na saúde, resultando em uma preocupação mundial em considerar esses parâmetros nas estratégias de promoção da saúde.

A promoção da saúde tem se constituído em tema mundial, especialmente após a década de 1960, quando houve uma compreensão do aumento de incidências das doenças crônico-degenerativas não transmissíveis. Nesse sentido, a Carta de Ottawa, elaborada no ano de 1986, conceitua promoção da saúde como "o processo de capacitação da comunidade para atuar na melhoria da sua qualidade de vida e saúde, incluindo uma maior participação nesse processo" (BRASIL, 2008, p. 5).

Saúde é conceituada como o mais completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doenças e sintomas. Sobre esse assunto a Carta de Ottawa destaca que

> Para atingir um estado de completo bem-estar físico, mental e social os indivíduos e grupos devem saber identificar aspirações, satisfazer necessidades e modificar favoravelmente o meio ambiente. A saúde deve ser vista como um recurso para a vida, e não como objetivo de viver. Nesse sentido, a saúde é um conceito positivo, que enfatiza os recursos sociais e pessoais, bem como as capacidades físicas. Assim, a promoção da saúde não é responsabilidade exclusiva do setor saúde, e vai para além de um estilo de vida saudável, na direção de um bem-estar global (CARTA DE OTTAWA, 1986, p. 1).

Nesses termos, indica-se que todas as pessoas deveriam ter compromissos com

a promoção da saúde, seja ela no âmbito individual, familiar e comunitário, buscando assim atingir uma vida saudável. O Ministério da Saúde (BRASIL, 2008) lembra que viver saudavelmente envolve aspectos relativos ao modo como vivemos, e isso envolve estreitas relações com a cultura, a crença e os valores compartilhados com as comunidades onde fomos criados.

Perpassando os aspectos culturais, há também os fatores políticos, econômicos e educacionais, uma vez que uma vida saudável envolve ter paz, amor, segurança, emprego, alimentação saudável, atividades físicas de esporte e lazer, saneamento básico, acesso aos serviços de saúde, transporte e educação, etc. Portanto, a saúde é resultante da intercessão de aspectos individuais, familiares e comunitários (BRASIL, 2008).

Nas últimas décadas, a ideia de saúde passou a ter uma conotação diferenciada, sendo adotado um conceito abrangente, sob perspectiva holística, segundo a qual a saúde foi considerada uma condição humana com dimensões físicas, sociais e psicológicas, caracterizada por hábitos negativos e positivos (BORGES *et al*, 2018).

Sobre esse assunto a Carta de Ottawa (1986) observa que as condições e os recursos fundamentais para a saúde são paz, habitação, educação, alimentação, renda, ecossistema estável, recursos sustentáveis, justiça social e equidade.

Por outro lado, é possível elencar uma série de fatores que contribuem para reduzir a saúde, qualidade e expectativa de vida. São exemplos de um estilo de vida sedentário e/ou com alimentação não saudável, o consumo de álcool, tabaco e outras drogas, bem como a correria da vida diária, a competitividade e o isolamento do homem nas cidades. Esses condicionantes estão diretamente relacionados à produção das doenças modernas (BRASIL, 2008).

Entre as doenças da modernidade, as mais recorrentes são a obesidade, a hipertensão arterial sistêmica, o diabetes mellitus, dislipidemias e hipercolesterolemias. Especificamente sobre a obesidade existe vários métodos para diagnóstico a partir do estudo da composição corporal (nível de gordura corporal): medidas de dobras cutâneas, bioimpedância e índice de massa corporal (IMC) conforme estudos de Nahas (2017).

O excesso de gordura corporal se constitui “em um dos maiores problemas de saúde pública em muitos países, especialmente os mais industrializados” (NAHAS, 2017). No caso do Brasil, dados do sistema de vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico (VIGITEL) mostram que o excesso de peso cresceu mais de 26% em dez anos, passando de 42,6%, em 2006 e para 53,8% em 2016. Nesse mesmo período a obesidade cresceu 60% (BRASIL, 2017; BORGES *et al*, 2018).

Diante desse contexto, este capítulo discute a saúde de uma comunidade acadêmica por meio do estudo do Índice de Massa Corporal (IMC) calculado a partir do peso corporal e da estatura informado em um questionário virtual.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização da pesquisa foi desenvolvido um sistema web intitulado “Avaliação Digital da Qualidade de Vida de Estudantes da Unir” - composto por oito questionários que eram preenchidos na seguinte ondem: 1º: Atividades Físicas Habituais; 2º: Questionário de Prontidão para Atividade Física (Q-PAF); 3º: Você se alimenta bem?; 4º Avaliação da Condição Física; 5º Estágios de Mudança de Comportamento para Atividade Física (EMC/AF); 6º: Estresse; 7º: Índice de Massa Corporal (IMC); e, 8º: Perfil do Estilo de Vida. Porém, para esse capítulo foram analisados os dados referentes ao IMC.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unir sob o Parecer 48091815.4.0000.5300, de 8 de julho de 2016, em consonância com as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos.

Utilizou-se da metodologia quantitativa por conter informações numéricas resultantes da investigação, que são apresentadas como um conjunto de tabelas, para as quais as respectivas percentagens foram calculadas e apresentadas de forma adequada (MARCONI; LAKATOS, 2011; D’ANCORA, 2001; SABINO, 1996).

O estudo segue o delineamento transversal, considerando que a exposição ao fator e ao efeito está presente no mesmo tempo analisado e não é uma amostragem em períodos distintos (HOCHMAN *et al*., 2005).

O instrumento de coleta de dados da pesquisa se justifica pelo fato de possibilitar o alcance aos acadêmicos e servidores da UNIR dos vários *campi* da Instituição. Após a codificação do questionário na linguagem de programação PHP e MySQL foi realizada a hospedagem online no site da Unir, pelo link: www.qualidadedevida.def.unir e iniciada a coleta de dados.

Ao inserir as informações de peso e estatura, os participantes da pesquisa recebiam o resultado e a avaliação IMC, sendo a avaliação realizada segundo os critérios da Organização Mundial de Saúde, descritos por Nahas (2017): até 18,4 Baixo Peso, de 18,5–24,9 Faixa Recomendável (saudável), de 25–29,9 Sobrepeso, de 30–34,9 Obesidade I, de 35–39,9 Obesidade II, e 40 ou mais Obesidade III.

Como método de inclusão na amostra adotou-se os seguintes critérios: a) estar regulamente matriculado na Unir de Porto Velho; b) ter o CPF cadastrado na Diretoria de Registro e Controle Acadêmico (DIRCA); c) Ser servidor da UNIR.

A amostra foi composta por 1.360 acadêmicos (901 mulheres e 459 homens) 68 docentes (40 mulheres e 28 homens) e 75 técnicos (40 mulheres e 35 homens), entre 19 e 59 anos de idade (27,4±7,96), sendo 137 do sexo feminino e 86 do sexo masculino. Nesse quantitativo de participantes da pesquisa incluiu-se pessoas do: Campus Ariquemes, Campus Cacoal, Campus Guajará-Mirim, Campus Ji-Paraná, Campus Porto Velho, Campus Presidente Médici, Campus Rolim de Moura, Campus Vilhena, Polo UAB – Chupinguaia e

Polo UAB - Nova Mamoré.

Para atingir maior quantitativo de respondentes realizou-se a divulgação por meio de e-mails e centro acadêmicos e disponibilização de banners pela Instituição com informações e link da pesquisa. No Campus Porto Velho teve ainda distribuição de folders pelos murais e de folhetos entregues diretamente aos participantes da pesquisa, além da abordagem direta nos diversos espaços de convivência do Campus e de visita em sala de aula, com a equipe informando verbalmente sobre a pesquisa.

Para facilitar a adesão dos participantes da pesquisa, também foram montadas mesas e cadeiras disponibilizando cinco computadores com os navegadores abertos no link do questionário, contando com o acompanhamento e apoio da equipe de pesquisadores, que atendia os participantes quando necessário.

Após a coleta de dados procedeu-se o download das respostas em arquivo do Microsoft Excel 2010 e realizou-se a análise estatística com suplemento XLSTAT 2021.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apresentados em duas tabelas e um gráfico para melhor visualização e compreensão. A análise estatística dos dados mostrou que a média de idade dos docentes (48,31±8,99) é maior que a dos técnicos (38,95±11,29) e dos acadêmicos (28,19±7,41).

A maior variância de idade ocorre entre os técnicos. Os dados de IMC, mostram que a média dos acadêmicos (24,72±5,31) pode ser avaliada como saudável ou recomendável, enquanto os docentes (26,39±4,91) e técnicos (26,14±4,59) apresentaram média de IMC avaliada como sobrepeso (Tabela 1).

Estatística	Idade Acadêmicos	IMC Acadêmicos	Idade Docentes	IMC Docentes	Idade Técnicos	IMC Técnicos
N amostral	1360	1360	68	68	75	75
Mínimo	19,00	14,50	32,00	17,80	21,00	18,80
Máximo	72,00	62,30	67,00	38,60	69,00	39,70
1º Quartil	23,00	20,90	41,00	22,88	31,00	22,60
Mediana	26,00	23,80	48,50	26,05	36,00	26,20
3º Quartil	31,00	27,40	55,00	29,55	43,75	29,00
Média	28,19	24,72	48,31	26,39	38,95	26,14
Variância (n-1)	54,84	28,23	80,90	24,07	127,53	21,07
Desvio padrão (n-1)	7,41	5,31	8,99	4,91	11,29	4,59

Tabela 1 - Estatística descritiva Idade e IMC da amostra estudada.

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Na avaliação do IMC observou-se maior prevalência de baixo peso (7,13%), peso saudável (50,81%) e obesidade grau III (3,31%) entre os acadêmicos. Os casos de sobrepeso foram maiores entre os técnicos (34,67%) e, obesidade grau I (19,12%) e grau II (3,60%), entre os docentes.

Avaliação do IMC	Acadêmicos (%)	Docente (%)	Técnicos (%)
Baixo peso	7,13	2,94	
Saudável	50,81	35,29	44,00
Sobrepeso	25,37	33,82	34,67
Obesidade I	9,78	19,12	17,33
Obesidade II	3,60	5,88	4,00
Obesidade III	3,31	2,94	-

Tabela 2 - Avaliação do IMC dos acadêmicos, docentes e técnicos

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Ao proceder uma análise comparativa observou-se que em termos percentuais as mulheres apresentam uma avaliação do IMC mais positiva do que os homens nos três grupos analisados (Figura 1).

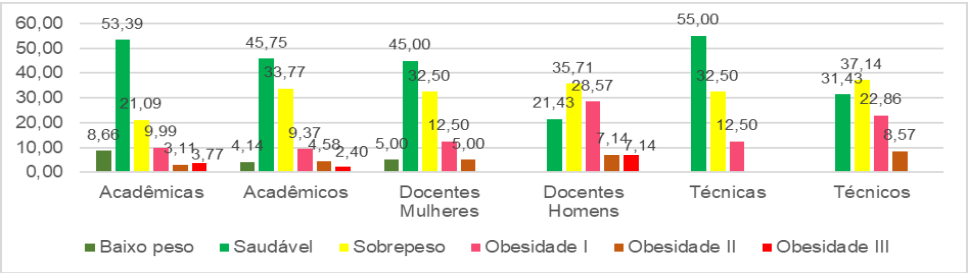


Figura 1 - Avaliação do IMC das mulheres e homens participantes da pesquisa

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

É fundamental o estudo do IMC porque o "excesso de gordura corporal está associado a vários problemas de saúde, incluindo a hipertensão, as doenças do coração e o diabetes" (NAHAS, 2017, p. 105). Embora se tenha a limitação da pesquisa ocorrer com dados informados, e não ser possível avaliar a massa magra para possíveis casos de sobrepeso por hipertrofia muscular, acredita-se que, como a pesquisa foi realizada com uma comunidade universitária, todos maiores de 18 anos, é possível tecer algumas reflexões a respeito dos resultados.

Pesquisa realizada com acadêmicos ingressantes em cursos da área de saúde do Recife (PE) sugere "que mesmo com o IMC dentro da normalidade, alguns indivíduos

podem apresentar excesso de adiposidade, o que seria deletério para a saúde" (PAIXÃO; DIAS; PRADO, 2010, p. 149).

Em estudo do estilo de vida dos universitários do curso de Educação Física do Centro Universitário de Brusque – Unifebe, os pesquisadores observaram 72% da amostra estudada com IMC normal (saudável), no entanto os autores sugerem como uma limitação da pesquisa à inclusão apenas dos acadêmicos de Educação Física, que, estes tendem a adquirir hábitos de vida saudáveis (COELHO; PEREIRA JÚNIOR, 2015).

Quanto à comparação entre homens e mulheres, Cavalcante *et al.* (2007), em estudo sobre o estilo de vida de acadêmicos recém ingressados no curso de Educação Física da Universidade Federal do Ceará, também identificaram IMC mais elevado para os homens.

Nesse sentido, supõe-se que a vida contemporânea e os hábitos sedentários (POSSAMAI; DUARTE, 2009) podem estar influenciando negativamente na saúde da comunidade acadêmica avaliada. Sendo assim, tornar-se necessário que cada indivíduo julgue como relevante as mudanças e as associem com sua realidade (NAHAS, 2013).

Ainda que tenha havido um aumento na prática de atividade física no tempo livre, indo de 30,3%, em 2009, para 37,6%, em 2016, a prevalência diminui com a idade, sendo mais frequente entre os jovens de 18 a 24 anos (BRASIL, 2017, BORGES *et al*, 2018) - uma faixa etária inferior à média de idade dos três grupos pesquisados (acadêmicos, docentes e técnicos).

Aceitando-se que a saúde é uma condição humana com dimensões física, social e psicológica, caracterizadas num contínuo e com polos positivo e negativo; e que nessa escala, variando do polo positivo para o negativo tem-se os seguintes níveis: Saúde positiva, Comportamentos positivos, Comportamentos de risco, Doenças e Morte (NAHAS, 2017), pode-se evidenciar a necessidade de ações de promoção da saúde.

Assim, são indicadas ações educativas para que a comunidade compreenda que a prática de atividade física não deve ser encarada como impossível, e que as mudanças no estilo de vida (hábitos alimentares, controle do estresse, atividade física habitual, relacionamentos, e comportamento preventivo) acontecem a partir da adoção de pequenos hábitos (NAHAS, 2013; POSSAMAI; DUARTE, 2009).

Qualquer iniciativa direcionada ao aprimoramento e à manutenção de um melhor estado de saúde necessariamente deverá privilegiar ações voltadas ao aumento dos níveis de prática da atividade física. Assim, para o desenvolvimento de programas regulares de exercícios físicos, é necessário dispor de informações confiáveis e atualizadas que venham a subsidiar as tomadas de decisões, na tentativa de alcançar o máximo de eficácia do ponto de vista de atenção primária à saúde (GUEDES; GUEDES, 1995).

Nesse sentido, a presente pesquisa poderá contribuir com o planejamento de ações educativas e com a implementação de programas de promoção da saúde que incluam a atividade física e possam beneficiar a comunidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa indica que o IMC é um importante método para avaliação da saúde das pessoas. Evidencia-se que os acadêmicos da comunidade estudada, em termos gerais, se apresentaram mais saudáveis do que os docentes e técnicos, segundo o indicador utilizado (IMC).

Considera-se ainda, que as mulheres, em termos percentuais, estavam mais saudáveis que os homens nos três grupos analisados: acadêmicos, docentes e técnicos. Contudo, toda a comunidade acadêmica necessita de ações de promoção à saúde, no sentido de prevenir tanto o sobrepeso e a obesidade quanto a desnutrição.

Nesse sentido, cabe a Universidade o desafio de implementar políticas públicas em relação à atividade física, ao esporte, ao lazer, aos hábitos alimentares saudáveis, ao controle do estresse, ao comportamento preventivo e aos relacionamentos, visando propiciar melhorias nos hábitos do Estilo de Vida e consequentemente no IMC e na saúde e qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

BORGES, C. J.; BERNALDINO, E. S.; MELO, I. G.; GONÇALVES, L. G. O. **Educação Física para jovens e adultos**. Curitiba: CRV, 2018.

BRASIL. **Hipertensão arterial sistêmica para o Sistema Único de Saúde**. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – Brasília. Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. **O que é vida saudável?** Álbum Seriado, Série F. Comunicação e Educação em Saúde. Ministério da Saúde. Brasília – DF, 2008.

BRASIL. **Vigitel Brasil 2016**. Ministério da Saúde, Brasília: MS, 2016. Disponível em: http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2017/abril/17/Vigitel.pdf. Acesso em: 07 abr. 2021.

CARTA DE OTTAWA. **Primeira Conferência Internacional Sobre Promoção da Saúde**. Ottawa, novembro de 1986. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/carta_ottawa.pdf. Acesso em: 04 abr. 2021.

CAVALCANTE, B. S.;FREITAS, C. F.; SOUZA, E. A.; QUADROS, T. M.B. *et al*. Perfil do estilo de vida de acadêmicos recém ingressados no curso de Educação Física da Universidade Federal do Ceará. **6º Fórum Internacional de Qualidade de Vida e Saúde**, 2007.

COELHO, J.; PEREIRA JR., A. A. Avaliação do estilo de vida em adultos jovens universitários. **RGSN. Revista Gestão, Sustentabilidade e Negócios**, Porto Alegre, v.3, n.1, p. 41-50, jun. 2015.

D'ANCORA, M. A. C. **Metodologia cuantitativa**: estratégias y técnicas de investigación social. 3. reimp. Madrid: Sintesis, 2001.

GUEDES, D. P. ; GUEDES, J. E. R. P. Atividade física, Aptidão física e Saúde. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**. V. 1, N.1, pág. 18-35, 1995.

HOCHMAN, B.; NAHAS, F.X.; OLIVEIRA FILHO, R.S.; FERREIRA, L. M. Desenhos de pesquisa. **Acta Cirurgia Brasileira**, v. 20, supl.2, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/acb/v20s2/v20s2a02.pdf. Acesso em: 07 abr. 2021.

MARCONI, M.A; LAKATOS, E.M. **Metodologia Científica**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2011.

NAHAS, M. V. **Atividade Física, Saúde e Qualidade de Vida**: Conceitos e Sugestões para um Estilo de Vida Ativo. 6. ed. Londrina: Midiograf, 2013.

NAHAS, M. V. **Atividade Física, Saúde e Qualidade de Vida**: Conceitos e Sugestões para um Estilo de Vida Ativo. 7. ed. Londrina: Midiograf, 2017.

NAHAS, M.V. , BARROS, M. V. G e FRANCALACCI, V.L.: O Pentáculo do bem estar: Base conceitual para avaliação do estilo de vida de indivíduos ou grupos. **Revista Brasileira de Atividade física e Saúde**. v. 5 n. 2, 2000.

PAIXÃO; L. A.; DIAS, R. M. R.; PRADO, W. L. Estilo de vida e estado nutricional de universitários ingressantes em cursos da área de saúde do Recife/PE. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 15, n. 3, 2010.

POSSAMAI, C.L; DUARTE, M. F.S. Desenvolvimento de um ambiente virtual como meio de promoção de estilo de vida mais ativo entre adolescentes. In: DUARTE, M. F.S.; GOMES, M.A.; POETA, L.S.; PAZIN, J. (Org.). **Atividade Física e Saúde: Intervenções em Diversos Contextos**. Florianópolis: Editora da UFSC; Salvador: EDUNEB, 2009. p. 53-66.

SABINO, C. A. **El processo de investigación**. Buenos Aires: Lumen-Humanitas, 1996.

CAPÍTULO 15

UTILIZAÇÃO DE UM ALGORITMO GENÉTICO PARA OTIMIZAR TRANSFERÊNCIAS INTERPLANETÁRIAS

Data de aceite: 21/06/2021
Data de submissão: 06/05/2021

Guilherme Marcos Neves
Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São João da Boa Vista
São João da Boa Vista – SP
http://lattes.cnpq.br/3269469964323365

Denilson Paulo Souza dos Santos
Universidade Estadual Paulista – UNESP,
campus de São João da Boa Vista
São João da Boa Vista – SP
http://lattes.cnpq.br/5351862393409206

RESUMO: Nesse trabalho, estudou-se a otimização do custo de missões interplanetárias com ênfase na diminuição do consumo de combustível. Para realizar tal objetivo foi implementado um algoritmo genético (AG) para otimizar o impulso total da transferência orbital. Foi implementado um caso de envio de um veículo espacial da Terra até um dado planeta utilizando uma manobra gravitacionalmente assistida (*swing by)*, neste artigo foi escolhido enviar uma espaçonave da Terra até Marte com uma passagem próxima de Vênus. O método empregado pode ser utilizado para missões interplanetárias no geral, considerando manobras impulsivas, e assim a solução encontrada pode se tornar uma solução inicial para métodos numéricos de otimização de manobras *low thrust*.
PALAVRAS-CHAVE: Algoritmo Genético; Swing by; Otimização; Manobras orbitais.

USE OF A GENETIC ALGORITHM TO OPTIMIZE INTERPLANETARY TRANSFERS

ABSTRACT: In this paper, it was studied the optimization of the cost of interplanetary missions with emphasis on reducing fuel consumption. To achieve this goal, a genetic algorithm was implemented to optimize the total impulse of orbital transfer. It was implemented a case of sending a space vehicle from Earth to a another planet using a gravity assist maneuver (swing by), in this paper it was chose sending a spacecraft from Earth to Mars with a close approach to the Venus. The method employed can be used for impulsive interplanetary missions in general, and so the solution found can become an initial solution for numerical methods of optimization of low thrust maneuvers.
KEYWORDS: Genetic Algorithm; Swing by; Optimization; Orbital Maneuvers.

1 I INTRODUÇÃO

Existem vários métodos e algoritmos diferentes na ciência da computação para otimização de inúmeros problemas, como métodos determinísticos e outros métodos como algoritmo genético e redes neurais.

Um algoritmo genético (AG) é uma técnica de procura utilizada na ciência da computação para achar soluções aproximadas em problemas de otimização e busca. São uma classe particular de algoritmos evolutivos que usam técnicas inspiradas pela biologia evolutiva

como hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação (ou *crossing over*).

Neste trabalho utilizou-se uma manobra gravitacionalmente assistidas (*swing by*), manobra essa que tem uma importância histórica pois foi utilizada nas missões *Voyager 1* e *Voyager 2* e em várias outras missões.

Quando um veículo espacial passa próximo a um corpo celeste e usa a gravidade deste corpo para alterar sua órbita, chamamos de "manobra de *swing by* puro" ou "manobra de *swing by* padrão". Essa alteração inclui modificação da velocidade, energia e momento angular do veículo espacial. Esse é um tipo de manobra conhecido na literatura, já usado em missões espaciais, cujo principal objetivo é a economia de combustível, considerando que o *swing by* é equivalente à aplicação de um impulso com gasto de combustível zero. Considerando impulso nesse caso como a aplicação de uma força de magnitude infinita em um período de tempo infinitesimal, assim temos que a consequência disso é a variação instantânea da velocidade do veículo.

O modelo mais habitual de se estudar esta manobra é dividir o problema em três partes distintas dominadas pela Mecânica Celeste. Outros modelos utilizados para estudar esta manobra são o Problema Restrito Circular de Três-Corpos (FELIPE; PRADO, 1999; PRADO, 1993, 1999) e o Problema Restrito Elíptico de Três-Corpos (PRADO, 1997).

Utilizando um modelo em que dividimos o problema em três fases dominadas pela dinâmica do Problema de Dois Corpos (*patched conics*) conseguimos chegar em equações para o impulso de velocidade, energias e de momento angular. Foi feita então uma comparação entre o gasto de combustível utilizando a manobra encontrada no trabalho com uma Transferência de Hohmann uma manobra entre duas órbitas circulares coplanares onde são dados dois impulsos: um no apocentro e outro no pericentro das respectivas órbitas inicial e final, esses impulsos são calculados utilizando a equação da {\it vis viva} e a órbita de transferência descreve uma meia elipse.

2 I METODOLOGIA

No presente trabalho foi utilizado o equacionamento para a manobra *swing by* propulsado em três dimensões, logo essa formulação é brevemente exposta aqui.

2.1 Equações para o swing by propulsado em três dimensões

Essa formulação é encontrada em (FELIPE, 2005) e suas hipóteses são de que o impulso é dado no instante de máxima aproximação do veículo com o corpo M_2. O sistema de coordenadas utilizado tem a sua origem em M_2, esse sistema assim como a manobra podem ser vistos na Figura 1.

Assumindo que o movimento do veículo em torno do corpo M_2 descreve uma órbita hiperbólica temos que o ângulo δ, que é a metade da deflexão angular que o vetor velocidade do veículo sofre ao longo da manobra, é escrito da seguinte forma:

$$sen(\delta) = \frac{1}{1 + \frac{r_p V_\infty^2}{\mu_2}} \qquad (1)$$

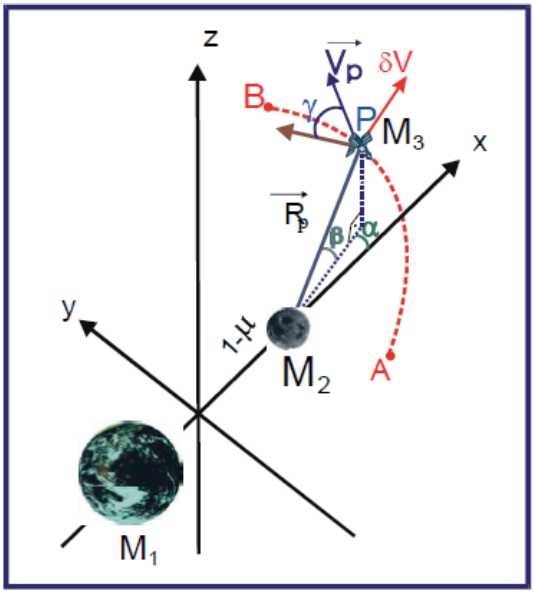


Figura 1. Manobra *swing by* propulsado em três dimensões

Fonte: (FELIPE, 2005)

Na pesquisa foi utilizado as equações que envolvem as velocidades do veículo antes e depois do encontro com M_2. Diante disso temos que a velocidade antes do encontro é dada por:

$$\begin{aligned}\overrightarrow{V_\infty^-} = {} & V_\infty^-(sen\delta\, cos\alpha\, cos\beta - cos\delta\, cos\alpha\, sen\beta\, sen\gamma - cos\delta\, sen\alpha\, cos\gamma)\hat{\imath} \\ & + V_\infty^-(sen\delta\, sen\alpha\, cos\beta - cos\delta\, sen\alpha\, sen\beta\, sen\gamma + cos\delta\, cos\alpha\, cos\gamma)\hat{\jmath} \\ & + V_\infty^-(sen\delta\, sen\beta + cos\delta\, cos\beta\, sen\gamma)\hat{k}\end{aligned}$$

Onde:

- Entre os pontos A e B assumimos que o veículo está sob a atração da gravidade do corpo M_2 e antes do ponto A e após o ponto B o corpo se movimenta sob a atração da gravidade do corpo M_1;
- $\overrightarrow{V_\infty^-}$ é o vetor velocidade relativo entre o veículo e M_2 antes do encontro;
- Os ângulos α e β definem a posição do pericentro como pode ser visto na Figura 1;
- O ângulo γ define a inclinação da velocidade do periapsis (Figura 1).

O impulso resultante da manobra é:

$$\Delta\vec{V} = V_{\infty}^{-}(\delta V_x \cos\delta - 2\cos\alpha\cos\beta\, sen\delta)\hat{\imath} + V_{\infty}^{-}\left(\delta V_y \cos\delta - 2\, sen\alpha\cos\beta\, sen\delta\right)\hat{\jmath} + V_{\infty}^{-}(\delta V_z \cos\delta - 2\, sen\beta\, sen\delta)\hat{k}$$

Onde

- δV_x, δV_y, e δV_z são as componentes do impulso dado durante o *swing by*.

Os desenvolvimentos para essas equações foram omitidos nesse documento e se encontram na tese da doutora Gislaine de Felipe (FELIPE, 2005).

2.2 Algoritmo genético

Diante da formulação matemática acima exposta e utilizando conceitos já aplicados anteriormente foi estudada uma missão onde uma sonda é lançada de um planeta, efetua um *swing by* em outro (ou no próprio planeta de lançamento) e por fim chega no planeta alvo. O intuito foi implementar um algoritmo genético para otimizar o gasto de combustível, para isso otimizou-se o impulso total (ΔV_{total}). As variáveis aleatórias foram:

- Data de lançamento;
- Tempo de voo do lançamento até o *swing by*;
- Tempo de voo do *swing by* até ao planeta alvo da missão;
- Também foram utilizadas como variáveis aleatórias a distância de máxima aproximação durante o *swing by* (r_p) e o sentido de deflexão da velocidade da espaçonave durante a manobra.

A Figura 2 mostra o fluxograma do algoritmo genético que foi baseado nos AGs dos trabalhos (SANTOS *et al.*, 2012; SANTOS; PRADO, 2012; SANTOS *et al.*, 2013b; SANTOS; FORMIGA, 2015). Foi utilizado uma probabilidade máxima cruzamento de 70%, uma chance de ocorrer mutação em um gene de 2%, uma probabilidade de ocorrer uma catástrofe também de 2% e nesse evento 99% dos indivíduos morrem. A população é formada por indivíduos.

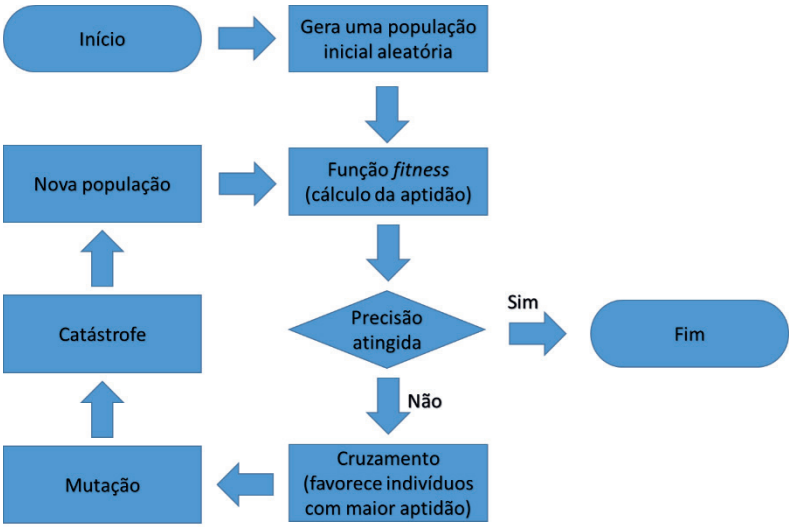


Figura 2. Fluxograma do algoritmo genético implementado

Fonte: Autor

A seguir tem-se a Figura 3 onde se vê o fluxograma da função *fitness*. Segundo esse algoritmo é calculado o impulso total da manobra.

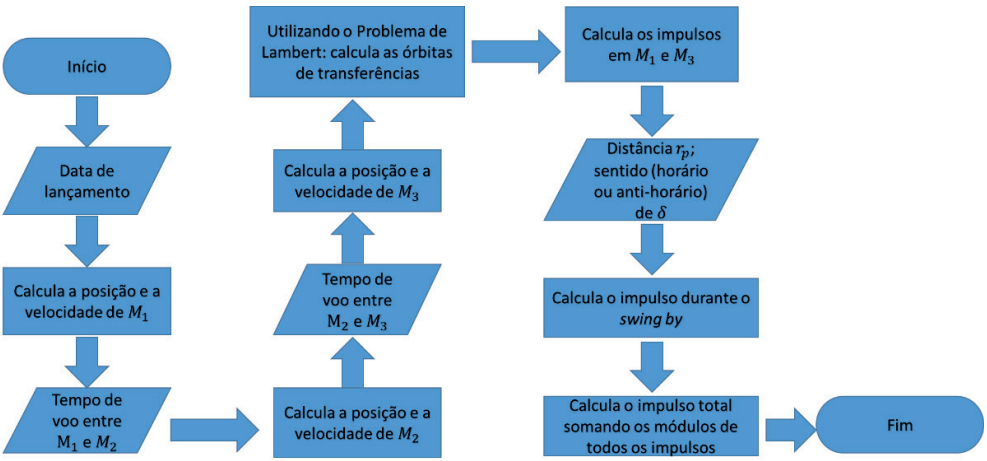


Figura 3. Fluxograma da função *fitness* utilizada pelo AG

Para teste da funcionalidade do algoritmo foi estudada uma missão de envio de uma sonda até Marte com um *swing by* em Vênus (EVMGA). As soluções encontradas foram comparadas com a manobra de Hohmann entre Terra e Marte.

Os domínios das variáveis aleatórias foram:

- Data de lançamento: 1-jan-2021 a 30-dez-2025;
- Tempo entre M_1 e M_2 e tempo entre M_2 e M_3: 10 dias a 1440 dias (4 anos);
- Distância r_p: 40000 km a 600000 km;
- Sinal de δ: 0 (positivo) ou 1 (negativo).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sabe-se que o AG pode encontrar soluções otimizadas que convergiram para regiões de mínimos locais e não globais, para visualizar se isso estava ocorrendo o AG foi executado 5 vezes com os mesmos domínios das variáveis aleatórias e o resultado está ilustrado na Figura 4. Pode-se observar que todas as 5 vezes o AG convergiu para valores de ΔV_{total} semelhantes, contudo para se ter certeza de que se trata de uma mesma região de valores é necessário analisar os valores das variáveis aleatórias para os quais o AG convergiu.

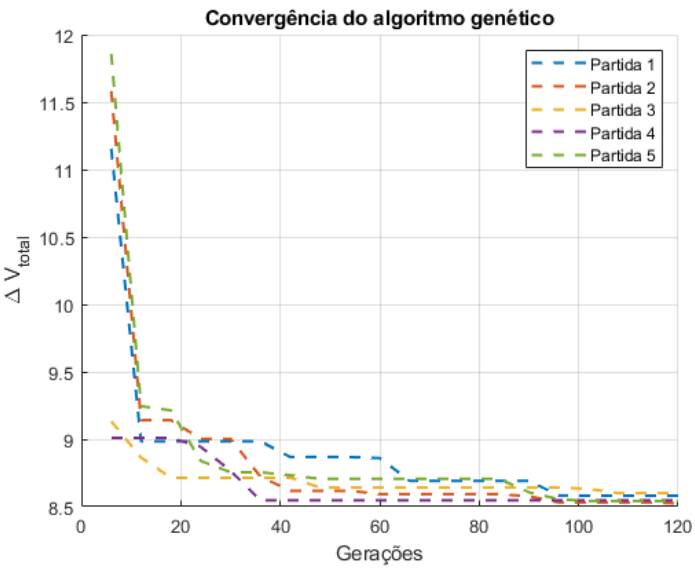


Figura 4. Convergência do AG para EVMGA.

Analisando então a Tabela 1 verifica-se que a data de lançamento e os tempos de voo entre os planetas exerce uma maior influência na solução, pois esses valores convergiram para uma única região (23-out-2021; 160 dias entre M_1 e M_2; 170 dias entre M_2 e M_3) enquanto que o valor de r_p não demonstrou o mesmo comportamento. Diante disso adotou-se uma estratégia que se consiste em delimitar o domínio das variáveis aleatórias data de lançamento e tempos de voo para as regiões que os mesmos convergiram e deixar

o domínio de r_p e do sinal de δ inalterados.

Lançamento	M_1 - M_2 (dias)	M_2 - M_3 (dias)	r_p (km)	Sinal de δ	ΔV_{total}
21-out-2021	161,89	176,05	98191,65	Positivo	8,5815
26-out-2021	158,03	173,37	85542,69	Positivo	8,5241
26-out-2021	157,81	176,58	137849,09	Positivo	8,6003
23-out-2021	161,50	175,81	96301,06	Positivo	8,5472
28-out-2021	156,72	169,20	76548,87	Positivo	8,5424

Tabela 1. Variáveis aleatórias e ΔV_{total}

Dessa vez analisando a Tabela 2 se nota que houve uma convergência dos valores de r_p para uma região próxima de 55000*km* com um sentido de rotação de δ positivo ou anti-horário. Na Figura 5 é mostrado a transferência interplanetária otimizada encontrada pelo AG.

Lançamento	M_1 - M_2 (dias)	M_2 - M_3 (dias)	r_p (km)	Sinal de δ	ΔV_{total}
27-out-2021	157,55	174,36	56366,37	Positivo	8,4980
26-out-2021	158,07	174,55	53727,78	Positivo	8,4974
25-out-2021	158,80	175,75	57757,08	Positivo	8,4984
24-out-2021	159,46	174,95	58848,40	Positivo	8,4992
25-out-2021	159,25	173,59	55963,84	Positivo	8,4983

Tabela 2. Variáveis aleatórias e ΔV_{total} encontrados para EVMGA diminuindo os domínios das variáveis aleatórias

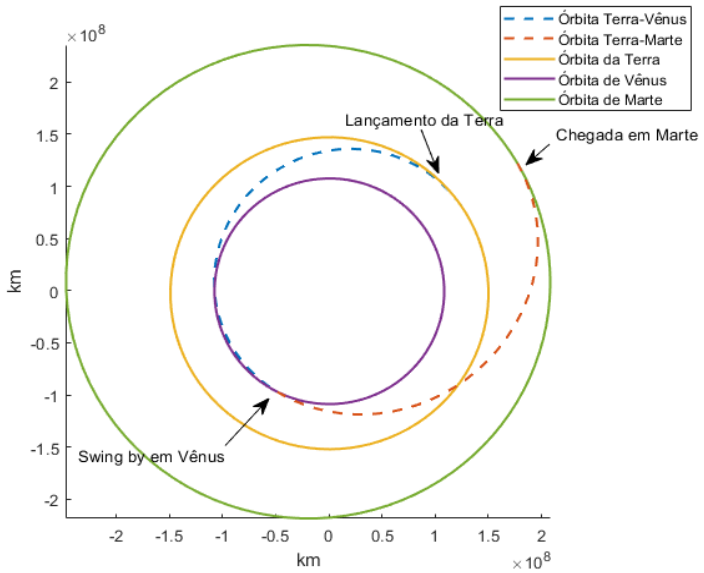


Figura 5. Manobra EVMGA otimizada, encontrada através do AG implementado.

Para o menor ΔV_{total} encontrado para EVMGA

$$\Delta V_{total} = 8{,}4974 \ km/s$$

tem-se:

- Impulso durante o lançamento da Terra: 2,8327 *km/s*
- Impulso durante o *swing by* em Vênus: 0,3873 *km/s*
- Impulso durante a chegada em Marte: 5,2775 *km/s*

Como o estudo é sobre o envio de uma sonda da Terra até Marte pode-se calcular a manobra de Hohmann entre esses dois planetas e comparar o resultado encontrado com essa manobra clássica.

A manobra de Hohmann entre a Terra e Marte apresenta um impulso total de ΔV_{total}= 5,5935 *km/s*, sendo um impulso inicial de 2,9446 *km/s* saindo da Terra e um impulso final de 2,6488 *km/s* e o tempo gasto nessa manobra corresponde a 258,86 dias.

Pode-se agora comparar o impulso total e o tempo total gasto da transferência encontrada com a manobra de Hohmann entre Terra e Marte.

	EVMGA	Hohmann
ΔV_{total}	8,4974 *km/s*	5,5935 *km/s*
Tempo total	330 dias	258,86 dias

Tabela 3. Comparação entre a transferência com manobra gravitacionalmente assistida e uma manobra de Hohmann entre Terra e Marte

Na Tabela 3 é evidenciado que a melhor estratégia para o envio de uma sonda da Terra até Marte é uma transferência direta entre os dois planetas, sem a utilização de um *swing by* em Vênus.

4 I CONCLUSÕES

Percebe-se que a estratégia adotada encontrou de maneira satisfatória a solução otimizada para um problema de mecânica celeste encontrando o menor impulso total de uma transferência interplanetária com a utilização de manobras gravitacionalmente assistidas.

Sabe-se que o resultado encontrado com o AG é uma região otimizada como foi demonstrado ao longo do trabalho, essa metodologia pode ser aplicada em um problema de otimização para indicar uma solução inicial que pode ser acometido a algoritmos determinísticos, melhorando o processo.

AGRADECIMENTOS

Trabalho vinculado aos projetos FAPESP #2018/18811-9 e #2017/04643-4.

REFERÊNCIAS

FELIPE, G., PRADO, A.F.B.A. **Classification of out of plane swing-by trajectories.** J Guid Control Dyn, v. 22, n. 5, p. 643-649, 1999.

FELIPE, G. **Transferências orbitais envolvendo órbitas do tipo halo.** 2005. 212p. Tese (Doutorado em engenharia e tecnologias espaciais/mecânica espacial e controle) - INPE, São José dos Campos, 2005.

PRADO, A.F.B.A. **Optimal transfer and swing-by orbits in the two- and three-body problems.** 1993. 240p. Thesis (Ph.D.) - Dept. of Aerospace Engineering and Engineering Mechanics. University of Texas, Austin, 1993.

PRADO, A.F.B.A. **Close-approach trajectories in the elliptic restricted problem.** J Guid Control Dyn, v. 20, n. 4, p. 797-802, 1997.

PRADO, A.F.B.A. **Delta-v estimate for Jupiter swing-by trajectories.** Applied. Mechanics in the Americas, v. 6, p. 263-266, 1999.

SANTOS, D. P. S.; PRADO, A. F. B. A.; COLASURDO, G. **Four-Impulsive Rendezvous Maneuvers for Spacecrafts in Circular Orbits Using Genetic Algorithms**. Math Probl Eng, v. 2012, p. 1-16, 2012.

SANTOS, D. P. S.; PRADO, A. F. B. A. **Minimum Fuel Multi-Impulsive Orbital Maneuvers Using Genetic Algorithms.** Advances in the Astronautical Sciences, v. 145, p. 1137-1150, 2012.

SANTOS, D. P. S.; PRADO, A. F. B. A.; TEODORO, A. R. B. **Rendezvous maneuvers using genetic algorithm.** J. Phys.: Conf. Ser, v. 465, p. 012005, 2013.

SANTOS, D. P. S.; FORMIGA, J. K. S. **Application of a genetic algorithm in orbital maneuvers.** Comp. Appl. Math. V. 34, p. 437-450, 2015.

CAPÍTULO 16

VALIDAÇÃO E PROJEÇÃO CLIMÁTICA DO MODELO ETA-HADGEM2-ES PARA O MUNICÍPIO DE CONCÓRDIA, SANTA CATARINA

Data de aceite: 21/06/2021

Gerson Conceição
Pesquisador em Hidrometeorologia, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)
Florianópolis, SC

Claudia Guimarães Camargo Campos
Professora Adjunta, Departamento de Engenharia Ambiental, UDESC

Mario Francisco Leal de Quadro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC)
Florianópolis, SC

RESUMO: O conhecimento do desempenho dos modelos climáticos através das projeções de cenários de mudança climática que são realizas por Modelos Climáticos Regionais a partir de downscaling de Modelos Climáticos Globais é fundamental para compreensão das incertezas produzidas em seus cenários. O estudo dos erros sistemáticos do modelo, anterior ao estudo dos impactos de mudança climática, permite atribuir um maior grau de confiança na obtenção da cenarização climática futura. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar as incertezas associadas as projeções climáticas do modelo Eta-Hadgem2-ES em relação as variáveis mensais de precipitação, radiação solar, umidade relativa e temperatura do ar (máxima, mínima e média), observadas na estação meteorológica de Concordia/SC, no período de 1987 a 2005. Estas simulações foram utilizadas no estudo de impacto dos cenários de mudanças climáticas no regime hídrico na bacia hidrográfica do Fragosos no estado de Santa Catarina

PALAVRAS-CHAVE: Análise de incerteza, avaliação de modelo, mudança climática, projeção climática.

VALIDATION OF THE ETA-HADGEM2-ES CLIMATE MODEL FOR CONCÓRDIA CITY, SANTA CATARINA

ABSTRACT: Knowledge of the performance of climate models through projections of climate change scenarios that are carried out by Regional Climate Models from the downscaling of Global Climate Models is fundamental to understanding the uncertainties produced in their scenarios. The study of the systematic errors of the model, prior to the study of the impacts of climate change, allows to attribute a greater degree of confidence in obtaining the future climate mitigation. In this sense, the objective of this work is to evaluate the uncertainties associated with the climatic projections of the Eta-Hadgem2-ES model in relation to the monthly variables of precipitation, solar radiation, relative humidity and air temperature (maximum, minimum and average) The simulations were be used to study the impact of climate change scenarios on the water regime in the Fragosos basin in the state of Santa Catarina.

KEYWORDS: Analysis of uncertainty, model evaluation, climate change, climate projection.

INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil se destaca em nível nacional por ser uma das regiões onde a economia é altamente dependente das atividades agrícolas, sendo responsável por 27 % do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro (Sesso Filho et al, 2011). No entanto, estudos recentes de modelagem observacionais e climáticas têm destacado o Sul do Brasil como uma região de particular vulnerabilidade à mudança climática, principalmente em relação as variáveis de temperatura e precipitação (Magríín et al. 2007; Campos, 2011; Santos et al., 2009). Isto tem exigido uma demanda crescente de concepção de estratégias para adaptação sustentável por parte da comunidade na Região Sul.

Apesar, de Modelos Climáticos Globais (MCGs) serem capazes de fornecer tal informação, há falta de detalhes numa escala precisa, limitando a aplicabilidade dos seus resultados para representar as características locais (Dibike & Coulibaly, 2005). Como alternativa para potencializar os MCGs, há o uso de Modelos Climáticos Regionais (MCRs) a partir de downscaling de MCGs (CHOU et al., 2014), que possibilita identificar variações e particularidades mais detalhadas de uma Região (Binder, 2006).

A partir do 5º Relatório das Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), quatro diferentes cenários de projeções foram gerados para representar as consequências climáticas até o final do século XXI, denominados de Caminhos de Concentração Representante (RCPs), relacionados às concentrações equivalentes de CO_2 na atmosfera. Cada RCP fornece apenas um dos muitos cenários possíveis que levariam às características de forçamento radiativo específico (MOSS et al., 2010). Os RCPs incluem um cenário de mitigação rigoroso (RCP 2.6), dois cenários intermediários (RCP 4.5 e RCP 6.0) e um cenário com emissões de gases de efeito estufa (GEE) muito altas (RCP 8.5).

O RCP 4.5, supõem um armazenamento de 4,5 W/m^2 e representa uma estabilização das emissões de GEE antes de 2100. Nesse caso, a temperatura terrestre aumentaria entre 1,1 ºC e 2,6 ºC e o nível do mar subiria entre 32 cm e 63 cm. Esse cenário tem sido um dos mais utilizados. Já o cenário 8.5, considerado o mais “pessimista”, é caracterizado pelo aumento nas emissões sem sua estabilização, ou seja, as emissões continuam a crescer, bem como a concentração de GEE ao longo do tempo. Esse cenário prevê um armazenamento de 8,5 W/m^2 e, segundo o IPCC, a superfície da Terra poderia aquecer entre 2,6 ºC e 4,8 ºC ao longo deste século, fazendo com que o nível dos oceanos aumente entre 45 cm e 82 cm (MMA, 2016). No entanto, há a existência de erros sistemáticos e desvios do modelo, que exige uma análise comparativa com dados observados, para a utilização dos dados projetados nos diferentes cenários (GRAHAM, 2000, OLIVEIRA; PEDROLLO; CASTRO, 2015).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar as incertezas associadas as projeções climáticas do modelo Eta-Hadgem2-ES em relação as variáveis mensais de precipitação, radiação solar, umidade relativa e temperatura do ar (máxima, mínima e

média), observadas na estação meteorológica de Concordia/SC, no período de 1987 a 2018.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se como referência climatológica os dados observados de séries históricas diárias das variáveis de precipitação, radiação solar, umidade relativa e temperatura do ar (média, mínima e máxima), entre o período de 1987 a 2017, medidos na estação meteorológica da Embrapa\Epagri\Ciram\Engie em Concórdia (latitude 27º 18' S e longitude 51º 59' W).

As séries históricas diárias de projeções climáticas são do modelo climático regionalizado Eta-HadGEM2-ES, com resolução de 20 km, utilizado na preparação da Terceira Comunicação Nacional (MCTI) em 2016, para detalhar as simulações do modelo inglês HadGEM2-ES, sob dois cenários de emissão: RCP 4.5 e 8.5 (MMA, 2016), no período de 1961 a 2017, das variáveis de precipitação, radiação solar, umidade relativa e temperatura do ar (média, mínima e máxima) para um ponto de grade nas seguintes coordenadas geográficas: 27º 18' S de latitude sul e 51°59' de longitude oeste.

Na análise dos dados mensais foi utilizado o bias, que mostra a tendência sistemática da simulação, ou seja, se o bias for maior que zero, na média, a previsão está sendo superestimadas enquanto que se for menor do que zero a previsão é subestimada:

$$bias = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(\emptyset_i - \varphi_i)$$

Para a validação do modelo climático utilizou-se o além da do teste t de S*tudent,* ao nível de significância de 0,05, utilizou-se o diagrama de Taylor (TAYLOR, 2001) como ferramenta de análise dos resultados comparativos entre médias mensais das variáveis de estudo entre o período de 1987 a 2007, simuladas pelo modelo e observadas na estação através do coeficiente de correlação (R), a raiz quadrada do erro médio quadrático centralizado (CRMSE, sigla em inglês) e o desvio padrão (SD, sigla em inglês). Utilizou-se este diagrama por ele apresentar a característica de condensar 3 índices estatísticos simultaneamente, facilitando sua comparação. Através do coeficiente R avaliou-se a correlação entre os dados modelados e observado, de modo a determinar quais variáveis climatológicas do modelo representa melhor o padrão observado (como os "altos e baixos" das séries temporais, por exemplo). O CRMSE reflete qual variável do modelo apresentou um erro menor em relação à variável observada. O CRMSE aumenta quanto mais distante os modelos estiverem do ponto "observado" no eixo das abscissas. Por fim, pelo SD dos dados do modelo em relação ao observado, comparou-se as variabilidades das séries.

Para a análise dos cenários sob efeito dos GEE (RCP 4,5 e RCP 8,5) da variável de precipitação e evapotranspiração potencial foi utilizada a correção dos erros sistemáticos

dos dados simulados pelo EtaHadgem-ES, através da aplicação das técnicas de remoção de viés Direct Approach (LENDERINK et al., 2007).

De acordo com Lenderink et al. (2007), a técnica Direct Approach permite a utilização direta das saídas dos modelos climáticos regionais a partir de algumas correções que envolvem a detecção de diferenças entre as condições climáticas atuais (observadas em estações meteorológicas e simuladas pelo modelo) e aplicação dessas diferenças na série prevista para o futuro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa entre os dados observados e simulados pelo modelo Eta-HadGEM2-ES foi realizada através do diagrama de Taylor (Figura 1). As análises foram realizadas em dois períodos: para o período de simulação com a base climática (entre 1987 e 2005) e outra utilizando os dois cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 entre 2007 à 2017.

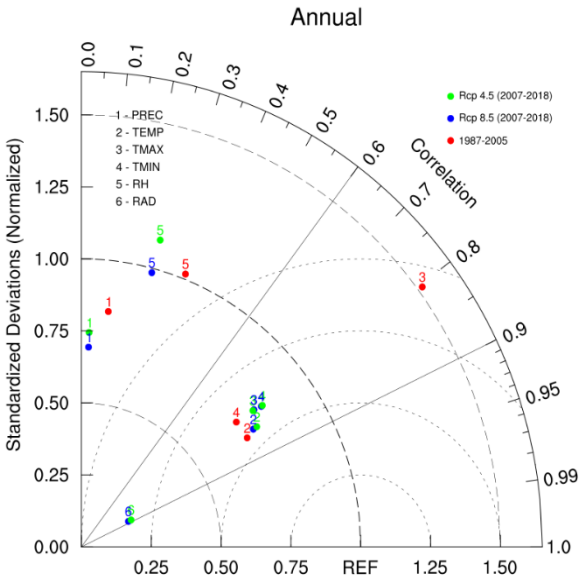


Figura 1: Diagrama de Taylor para correlação e desvio padrão médio entre as variáveis de precipitação, radiação, umidade relativa, temperatura média, mínima e máxima, simuladas pelo modelo Eta-Hadgem-ES e dados observados na estação meteorológica de Concordia.

Para o período entre 1987 e 2005 ocorreu uma correlação (SD) de média para forte para a radiação, temperatura média, mínima e máxima e foram de 0,87, 0,84, 0,80 e 0,79, respectivamente. A análise entre o período de 2007 e 2017 apresentou correlação de média para forte nos dois cenários, para as variáveis de radiação, temperatura média, mínima e máxima para o cenário intermediário RCP 4,5 do modelo e foram de 0,90, 0,86, 0,82 e

0,82, respectivamente. E para o Cenário RCP 8,5 para a mesma sequência respectiva de variáveis apresentaram a correlação de 0,88, 0.83, 0,80 e 0,79 (Figura 1).

Mesmo apresentando uma correlação de média para forte para as variáveis de temperatura e radiação o desvio padrão para o cenário rigoroso (RCP 8,5) apresentou um desvio padrão bastante elevado em relação as demais variáveis.

Analisando o desvio padrão na Figura 1, em geral o modelo apresenta um desvio padrão (SD) menor que a referência (REF na curva) que representa os dados observados. Isso é natural não capturar a variabilidade das observações (Quadro et al. (2012).

As temperaturas média, mínima e máxima mensal projetada pelo modelo não difere significativamente dos dados observados ao nível de 5%. As projeções para as temperaturas simuladas apresentaram-se subestimadas (Figuras 2a, 2b e 2c) apresentando valor de desvio maior no verão (janeiro, fevereiro e março) em relação ao observado de -5,2° C, -5,1° C e -3,5° C, respectivamente, para as temperaturas média, máxima e mínima.

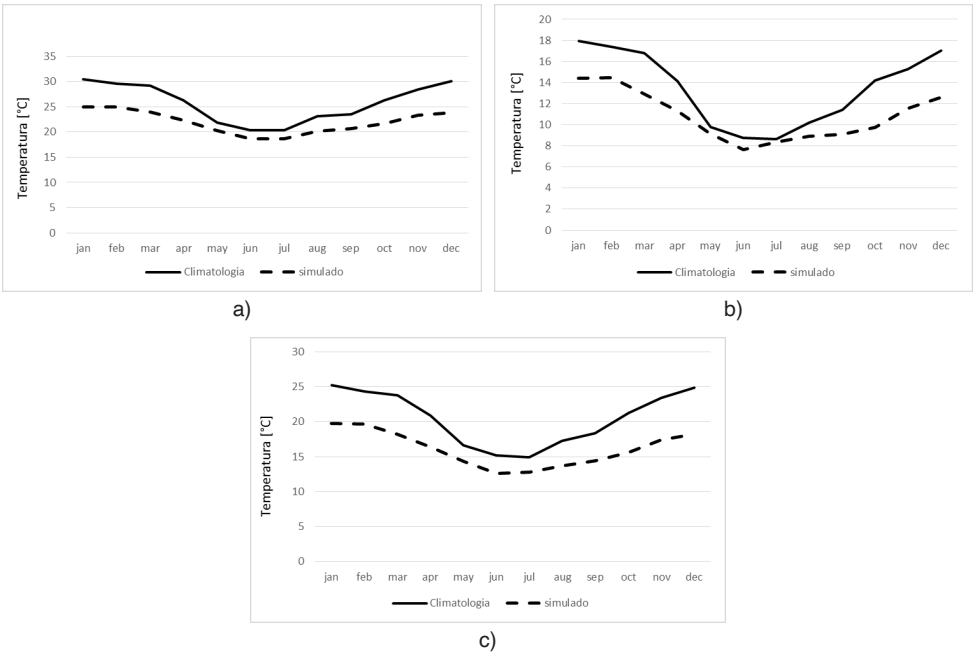


Figura 2 – Temperatura do ar: a) máxima; b)mínima; c) média entre o período de 1987 a 2005 simuladas pelo modelo climático Eta-HadGEM2-ES e observadas na estação meteorológica de Concórdia-SC

A projeção do modelo Eta-HadGEM-ES referentes a radiação solar e umidade relativa não diferem em suas médias totais mensais significativamente (α =0,05) (Figuras 3a e 3b). Enquanto os dados da umidade relativa apresentam-se subestimados, os dados de radiação solar apresentam-se superestimados para todo o período de inverno e entre o

final da estação de verão e o início da primavera (julho, agosto e setembro).

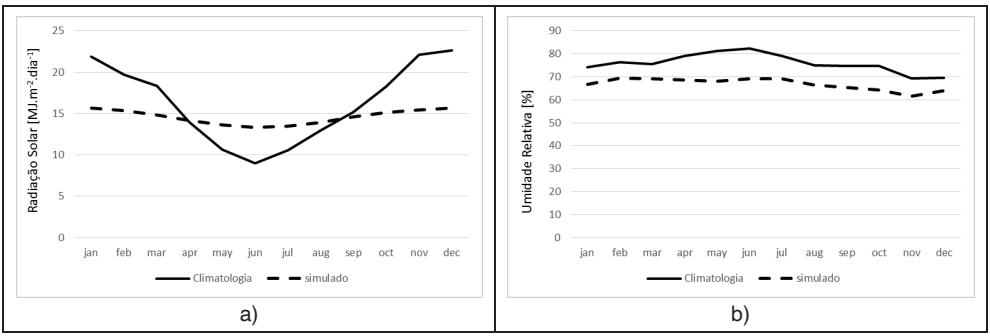


Figura 3 – Radiação solar a) e Umidade Relativa b) no período de 1987 a 2005 simuladas pelo modelo EtaHadgem-ES e observadas na estação meteorológica Concórdia-SC.

Em relação as médias dos totais mensais precipitados simuladas não há diferenças significativas (α =0,05) em relação ao observado, no período entre 1987 a 2005. A precipitação total média anual do período para os dados observados e simulados foi de 1604 e 1804 mm, respectivamente. (Figura 4).

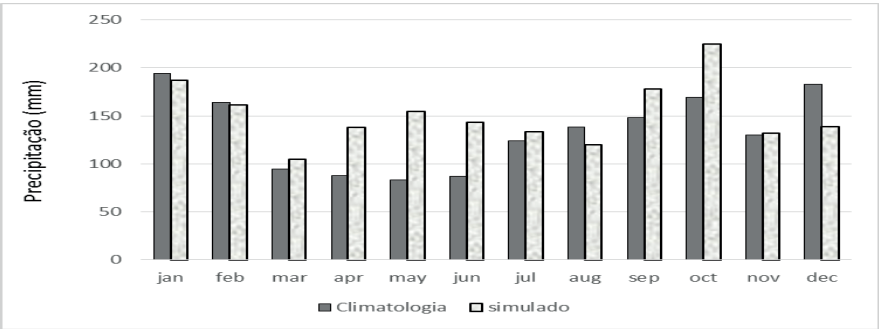


Figura 4 – Precipitação entre o período de 1987 e 2005 simulada pelo modelo EtaHadgem-ES e observada na estação Concórdia-SC

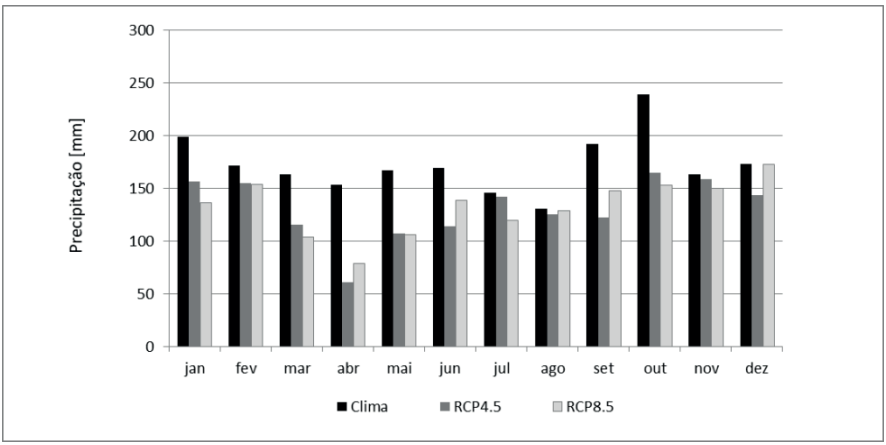
Entre os meses do ano, aqueles que apresentaram maiores desvios entre os dados observados e simulados foram os meses de junho-julho-agosto (JJA) e outubro, períodos em que a região apresenta as maiores intensidades de precipitação, que é atribuído a passagem de frentes frias e sistemas convectivos de mesoescala que provocam chuvas mais intensas na região de Concórdia-SC. Somente dezembro-janeiro-Fevereiro (DJF) é que os desvios foram positivos, porém é um mês que há predomínio de chuva convectiva que estão mais sujeitas a erros. Estes resultados divergem de Chou et al. (2014) onde concluiu que a precipitação do modelo Eta-HadGEM-ES para o sul do Brasil apresenta-se subestimadas para os meses de DJF e superestima nos meses de JJA. No entanto,

concorda com os resultados de Rocha et al. (2015) que utilizou o mesmo modelo para simular chuva na região da Amazônia, encontrando desvios negativos durante o verão e positivos durante o inverno.

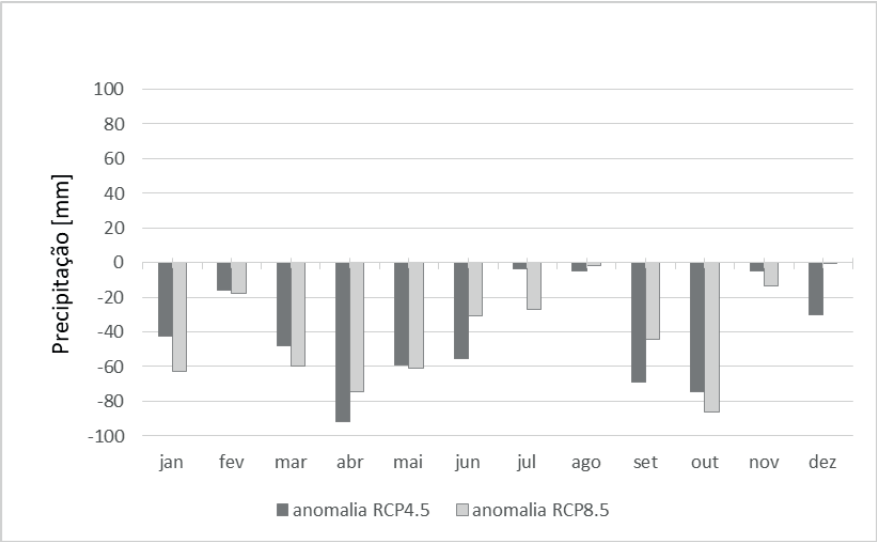
Segundo Chou et al.(2014), o ciclo anual de temperatura é subestimado nas simulações no Brasil pelo modelo Regional na maior parte do ano. A subestimativa da temperatura máxima dos dados simulados em relação ao observado apresentou no mês de janeiro um valor de – 5.4° C. Uma tendência de subestimação para as temperaturas máximas, também foi encontrada por Chou et al. (2014) na América Central , América do Sul e Caribe. A análise na estação de inverno (junho, julho e agosto) resultaram em valores menores comparativamente ao verão para a subestimativa das temperaturas simuladas em relação a observada, alcançando no mês de junho as menores diferenças para as temperaturas média, máxima e mínima, com valores respectivos de -2,61° C, -1,72° C e -1,1° C. . De acordo com Moura et al. (2017) esta diferença maior para as variáveis extremas de temperatura, pode estar associada à grande amplitude térmica característica da Região oeste catarinense, com diferenças notáveis entre mínimos e máximos valores de temperatura do ar no verão , e à resolução espacial do modelo.

Análise da Precipitação e Evapotranspiração Potencial Sob os Efeitos dos Cenários de Emissão RCP 4.5 e RCP 8.5

A Figura 5a apresenta os totais médios mensais, enquanto a Figura 5b apresenta a anomalia de precipitação entre o total médio climático observado e o simulado pelo modelo Eta-HadGEM2-ES sob o efeito das emissões (RCP 4.5 e 8.5), entre o período de 2007 a 2018 ocorrido na Bacia.



(a)



(b)

Figura 5 – (a) Precipitação média mensal observada e simulada pelo modelo climático regionalizado Eta-HadGEM2-ES sob o cenário de emissão RCP 4.5 e RCP 8.5; (b) Anomalia de precipitação observada e simulada (RCP 4.5 e 8.5) para o período de 2007 a 2018.

Uma análise comparativa entre os dados climáticos observados e simulados de precipitação mensais e suas respectivas anomalias entre 2007 a 2018 (Figura 5a e 5b), permite constatar uma redução significativa da precipitação para ambos os cenários (RCP 4.5 e RCP 8.5) em relação aos dados climáticos observados, para a maioria dos meses do ano. Os meses que apresentaram redução de precipitação mais significativa foram os meses de abril e outubro (Figura 5b).

A evapotranspiração potencial (ETP) obtida na Bacia do Fragosos (Figura 6), indica uma baixa taxa de perda de vapor d'água no inverno e alta no verão, resultado do ciclo radiativo solar (Figura 3a) que é mais intenso no verão, reduzindo no inverno.

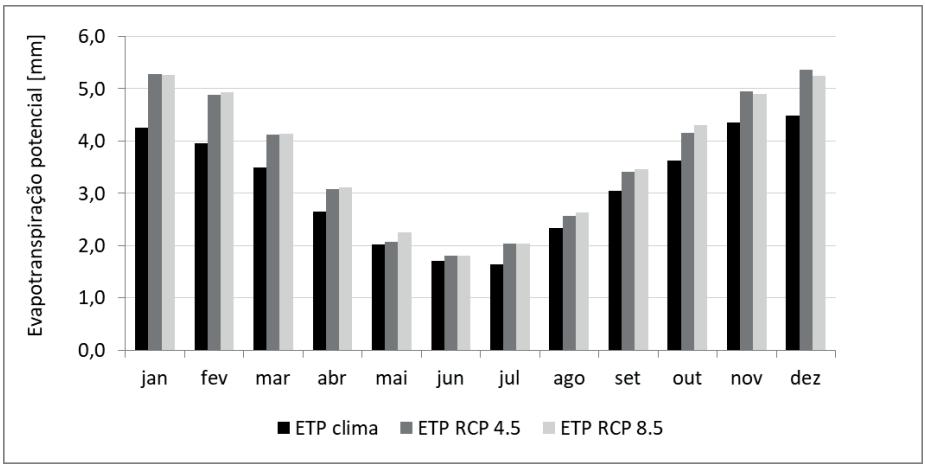


Figura 6 – Evapotranspiração Potencial média mensal observada e simulada pelo modelo climático regionalizado Eta-HadGEM2-ES sob o cenário de emissão RCP 4.5 e RCP 8.5, no período de 2007 a 2018 para a Bacia do Fragosos.

Ao analisarmos a ETP mensal para a condição "presente" no período de 2007 a 2018 (Figura 6), comparando com a simulada pelo modelo climático regionalizado Eta-HadGEM2-ES sob o efeito das emissões (RCP 4.5 e 8.5), verificamos que há um aumento da taxa de perda de vapor d'água na Bacia do Fragosos para a atmosfera na condição simulada sob o efeito dos cenários de emissão (RCP 4.5 e 8.5). Este aumento da taxa de ETP, sob os feitos das emissões, são maiores no verão (aproximadamente 24%) e menores nas demais estações do ano (aproximadamente 15%).

Quando avaliamos simultaneamente as Figuras 5 e 6, podemos obter uma melhor compreensão do impacto das emissões dos gases de efeito estufa na Bacia do Fragosos, uma vez que refletem em uma redução dos volumes de precipitação e aumento da taxa de evapotranspiração para a atmosfera, que reflete em déficit no balanço hídrico, afetando a disponibilidade hídrica na Bacia.

CONCLUSÕES

As avaliações das incertezas associadas as projeções climáticas do modelo Eta-Hadgem2-ES em relação as variáveis mensais de precipitação, radiação solar, umidade relativa e temperatura do ar (máxima, mínima e média), observadas na estação meteorológica de Concordia/SC, no período de 1987 a 2018, mostram que o modelo climático foi capaz de simular de forma satisfatória os principais padrões do ciclo anual da precipitação e temperatura no município de Concórdia-SC para o período de 1987 a 2017 ao nível de 5% de significância. Todavia, a temperatura média, mínima e máxima e umidade relativa ficou subestimada, impondo um cenário com efeito energético mais rigoroso em

relação aos dados observados. Os dados de radiação solar mostraram-se superestimados para o período de inverno e subestimados para os meses de verão. Quanto aos dados de precipitação apresentaram-se subestimados para os meses da estação de verão e superestimadas para os demais meses. Pode-se considerar que os dados simulados não apresentaram desvios significativos em relação aos dados observados.

Na análise da precipitação e ETP simulada pelo modelo Eta-HadGEM2-ES, sob os efeitos dos cenários de emissão (RCP 4.5 e 8.5), contatou-se uma redução da precipitação e um aumento da evapotranspiração. Isto resulta em um déficit no balanço hídrico da bacia impactando negativamente na gestão de recursos hídricos, podendo gerar conflitos setoriais pelo uso da água e agravar o problema de escassez da água na bacia.

Por fim conclui-se que os dados simulados de temperatura média, máxima e mínima e precipitação estão aptos para serem utilizados em outros estudos de modelagem, fazendo as devidas correções de viés, e poderá auxiliar no entendimento e análise de cenários futuros utilizando os cenários de emissões mais adequados.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento do projeto. À Epagri\Ciram e Embrapa por disponibilizar os dados meteorológicos. À UDESC\Engenharia Ambiental por rodar o modelo Eta-HadGEM-ES para a região do município de Concórdia.

REFERÊNCIAS

CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; MARENGO, J. (2014). Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. American Journal of Climate Change, v. 03, n. 05, p. 438?454.

GRAHAM, L. P. (2000). Large-scale hydrological modeling in the Baltic basin. Division of Hydraulic Engineering, Dept of Civil and Environmental Engineering, Royal Institute of Technology, Report TRITA-AMI PHD 1033, Stockholm.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2007). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2013). Climate Change 2013: The physical science basis. Working Group I Contribution to Fifth Assessment Report of the IPCC, Stockholm, September, 2216 p, 2013.

Lenderink,G.; Buishand, A.; Deursen, W.V (2007). Estimates of future discharges of river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach. Hydrology & Earth System Sciences, v.11, n.3, p. 1145-1159.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. (2016). Plano nacional de adaptação à mudança do clima. Brasília: MMA.

MOSS, R. H.; EDMONDS, J. A.; HIBBARD, K. A.; MANNING, M. R.; ROSE, S. K.; VAN-VUUREM, D. P.; CARTER, T. R.; EMORI, S.; KAINUMA, M.; KRAM, T.; MEEHL, G. A.; MITCHELL, J. F. B.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; SMITH, S. J.; STOUFFER, R. J.; THOMSON, A. M.; WEYANT, J. P.; WILBANKS, T. J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature, v. 463, n. 7282, p. 747-756.

OLIVEIRA, G. G.; PEDROLLO, O. C.; CASTRO, N. M. R. (2015). Stochastic approach to analyzing the uncertainties and possible changes in the availability of water in the future based on scenarios of climate change. Hydrology and Earth System Sciences, v. 19, n. 8, p. 3585-3604.

ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W. S.; CHOU, S. C.; LYRA, A.; SILVA, P. R. T.; GOMES, W. B.; VERGASTA, L. (2016). Avaliação do balanço de água na Amazônia simulado pelo modelo ETA-HADGEM2-ES no período de 1985 a 2005. Revista de Geografia, v. 33, n. 4, p. 276-298.

SAMPAIO, G.; DIAS, P. L. D. S. (2014). Evolução dos modelos climáticos e de previsão de tempo e clima. Revista USP, n. 103, p. 41.

SOBRE O ORGANIZADOR

FRANCISCO ODÉCIO SALES - Bacharel em Matemática pela Universidade Federal do Ceará (2008) onde foi monitor de Cálculo Diferencial e Integral (2005) e bolsista de Iniciação Científico (PIBIC) financiado pelo CNPq (2005-2008) desenvolvendo pesquisa na área de Geometria Diferencial, com ênfase em Superfícies Mínimas e Equações Diferenciais Aplicadas. Licenciado Pleno em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2009). Especialista em Ensino de Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2015). Mestre em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (2019). Especialista em Docência na Educação Profissional, Científica e tecnológica pelo Instituto Federal do Ceará (2020). Foi professor da rede pública estadual do Ceará entre 2009 e 2019, atuando no magistério do ensino fundamental e médio. Atuo entre 2013 e 2016 como Assessor Pedagógico na Secretaria de Educação do Ceará (SEDUC/CE) onde coordenou projetos relacionados a educação Financeira, Educação Fiscal, Educação Cientifica e Formação de Professores. Representou o Ceará nas reuniões iniciais para implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na área de Matemática. Professor tutor da Universidade Aberta do Brasil (UAB/IFCE) desde de 2010 atuando na Licenciatura Plena em Matemática. Atualmente é Professor de Educação Básica, técnica e tecnológica (EBTT) do Instituto Federal do ceará (IFCE) atuando nas licenciaturas em Matemática e Física. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Geometria Diferencial. Coordena o Polo Olímpico de Treinamento Intensivo (POTI) de Crateús e o Projeto de Intervenção em Matemática (PIM). Atua nas seguintes frentes de pesquisa: Superfícies Mínimas, Geometria não euclidiana, Olimpíadas de Matemática e Equações Diferenciais Aplicadas. É membro do Laboratório de Ensino de Ciências Naturais, Matemática e Música (IFCE Campus Crateús), do Grupo de Pesquisa em Matemática e Educação Matemática do IFCE e Professor Coordenador do Grupo de Pesquisa e Estudos em Ensino de Matemática do Ceará - GEPEMAC (em reconhecimento pelo CNPq). Orientador de Graduação e pós graduação (Monografia e TCC). Membro do corpo editorial das editoras Atena, DINCE e InVivo e da Revista Clube dos Matemáticos. Autor de livros na área de Matemática e Educação.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo genético 152, 155, 156

Amido 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127

Análise de incerteza 161

Anelamento 117, 119, 120, 125

Assinatura espectral 94

Avaliação de modelo 161

B

Bacia do Rio São Francisco 57, 58, 61, 63

Biodiesel 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

C

Cell planning 128

Celulose recalcitrante 112, 113, 114, 115

Circuito de Chua 79, 81, 84, 87, 88, 89, 91, 92

Classificação dos solos 94

D

Design e sustentabilidade 101, 107

E

Economia circular 101, 102, 103, 104, 107

Engenharia de agrimensura e cartográfica 66, 68, 69, 77, 78

Esmeraldas 20, 21, 42

Esterificação 43, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 119

G

Geossistema 1, 2, 3, 5, 6

I

IMC 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Inclusões 20, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42

Indoor environments 128, 142

Influências 7, 8, 10, 12, 13

L

Licenciatura em química 15, 16, 17, 19

M

Manobras orbitais 152

Mapeamento digital 94

Matriz curricular 15, 16, 17

Modelagem matemática 112

Mudança climática 161, 162

Multidisciplinariedade 1

N

Nióbio 43, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55

O

Otimização 152, 159

P

Paisagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 100

Palha de cana-de-açúcar 112, 113, 114, 116

Pêndulo duplo 79, 81, 84, 85, 87, 91

Perdas de água 57, 58, 60, 61, 63, 64

Pesquisa e metodologia do design 101

Pindobaçu 20, 21, 22, 23, 28, 41

Políticas públicas 57, 58, 63, 64, 143, 144, 150

Preservação 11, 57, 62, 63, 103

Pré-tratamento hidrotérmico 112, 113, 114, 116

Projeção climática 161

Propagation measurements 128

Propagation models 128, 129, 141

Propriedades físicas 27, 117

Q

Qualidade de vida 143, 144, 146, 150, 151

Química inorgânica 15, 16, 17, 18

R

Ray tracing method 128, 133, 141

Reaproveitamento de resíduos 101

S

Saúde 7, 8, 10, 11, 13, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Saúde e meio ambiente 7, 8, 10, 13

Sensor Aisafenix 94

Sistemas caóticos 79, 80, 81, 83

Sistemas não-lineares 79, 81, 92

Soja transgênica 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Swing by 152, 153, 154, 155, 156, 159

T

Terras raras 43, 47, 51, 52, 53, 54

Têxteis 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 110

Transesterificação 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2

Atena Editora
Ano 2021

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
facebook.com/atenaeditora.com.br

Ciências Exatas e da Terra: Conhecimentos Estratégicos para o Desenvolvimento do País 2

Atena Editora
Ano 2021